

# cnrs

le journal

n° 260-261  
septembre-octobre 2011

**IMAGERIE MÉDICALE**

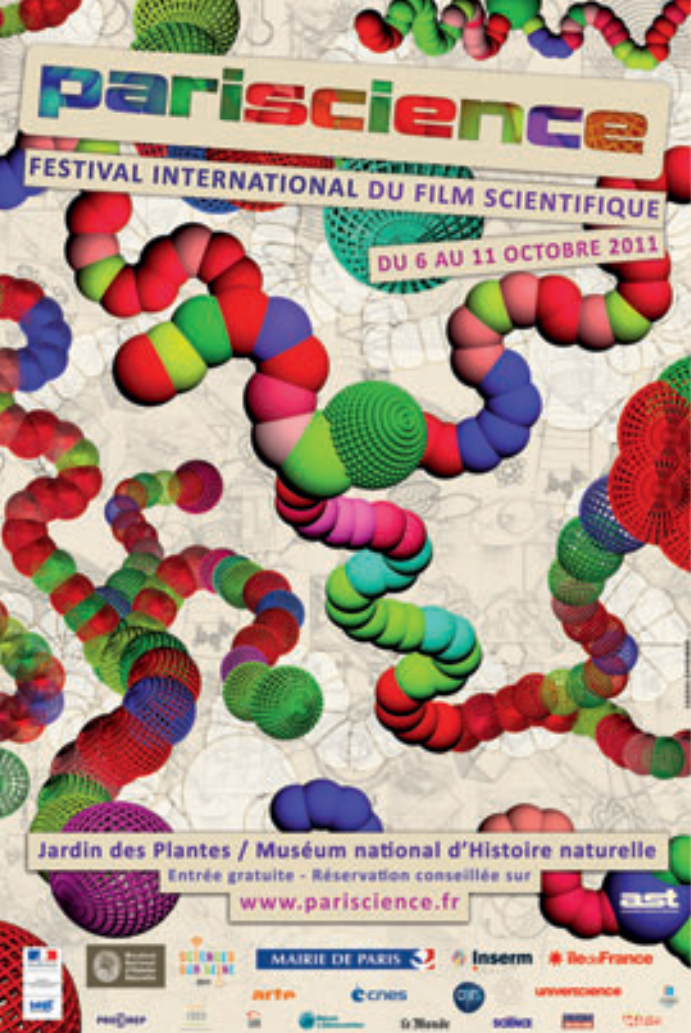
## Radiographie d'une **révolution**

- Ce qui se prépare dans les labos
- Les questions qu'elle soulève



→ **Stratégie**  
Le CNRS accompagne  
l'avenir des universités





## Pariscience

festival international du film scientifique

7<sup>e</sup> édition - du jeudi 6 au mardi 11 octobre 2011

Muséum national d'Histoire naturelle, Jardin des Plantes - Paris Ve / Entrée gratuite

**Six jours de projections**, de débats, de rencontres et de découvertes...  
Pour le grand public et les scolaires.

**Six prix décernés, dont le Prix Pierre-Gilles de Gennes** doté par le CNRS, remis au film qui valorise le mieux la recherche et la diffusion des connaissances.

**Des films exceptionnels**, un hommage à René Frydman en sa présence, des séances spéciales (« La Chimie verte va-t-elle sauver la planète bleue ? », « La Chimie et toi »), la chaîne BBC invitée...

Informations et réservations sur

→ [www.pariscience.fr](http://www.pariscience.fr)

Le Prix  
**LA Recherche**  
2011  
La Science en avance



REMISE DES PRIX

le mardi 18 octobre 2011 à 19h

au musée du quai Branly

*Venez découvrir les lauréats de cette 8<sup>e</sup> édition !*

POUR ASSISTER À LA CÉRÉMONIE : [www.leprixlarecherche.com](http://www.leprixlarecherche.com)





## Éditorial

PAR ALAIN FUCHS, PRÉSIDENT DU CNRS

**La rentrée 2011 est déjà bien engagée, et je tenais à saluer** en premier lieu les 373 chercheurs et chercheuses qui, le 1<sup>er</sup> octobre, vont rejoindre les rangs du CNRS. Preuve de la forte attractivité de la recherche française, 31,6% d'entre eux viennent du monde entier pour y mener une recherche de haut niveau dans tous les domaines. L'autre événement important à retenir est l'annonce, au mois de juillet, par le ministre de l'Enseignement supérieur et de la Recherche et le commissaire général à l'Investissement, des trois premiers lauréats qui ont été retenus dans le cadre de l'appel à projets Initiative d'excellence. Dotée de 7,7 milliards d'euros, cette action qui s'inscrit dans les Investissements d'avenir, programme de relance de l'innovation dans le pays, a pour objectif de faire émerger des sites d'enseignement supérieur et de recherche en France capables de rivaliser avec les meilleures universités du monde d'ici à dix ans.

Le CNRS, qui s'est fortement investi avec ses partenaires dans le montage des projets, tenait donc à travers les pages de ce numéro à s'associer au succès de Paris Sciences et Lettres (PSL), d'Ixex Bordeaux et d'Unistra. Je tenais à souligner que la présence de notre organisme dans les auditions des projets a été déterminante dans la sélection du jury. Le CNRS est un véritable actionnaire de chaque Ixex et sera présent dans les structures exécutives de chacun. Mais, déjà, la seconde vague s'annonce. Nous avons déposé avec nos partenaires les projets qui seront sélectionnés au début 2012. Au total, ce seront entre cinq et dix sites qui seront retenus. Tous les sites sur lesquels le CNRS est présent ne seront pas Ixex, mais tous auront été, à un degré ou un autre, lauréats du programme Investissements d'avenir. Le CNRS continuera évidemment à les soutenir.

### 4 | 5 L'essentiel

Le point sur les nominations, les prix, les faits marquants...

### 6 | 7 L'événement

**En octobre, les planétologues du monde entier** présenteront à Nantes leurs derniers résultats.

### 14 | 16 En images

**Grâce à la photo numérique, une équipe de chercheurs** a pu représenter un bateau antique sous toutes ses coutures.

### 17 | Décryptage

**Le chercheur Bruno Suchaut analyse** le récent rapport publié sur les rythmes scolaires.

### 28 | 29 Portrait

**Dominique Cardon, spécialiste mondiale des tissus**, vient de voir son travail récompensé par la médaille d'argent du CNRS.

### 30 | 35 Stratégie

La politique de la recherche, les innovations,

les partenariats et les collaborations internationales.

### 36 | On en parle

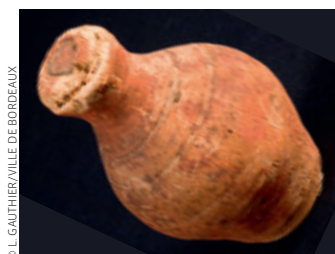
L'actualité de la vie interne du CNRS.

### 38 | 42 Culture

Livres, expositions, films... La sélection de la rédaction.

### 43 | Sur le vif

Les coulisses étonnantes d'une photo de science.



© L. GAUTHIERVILLE DE BORDEAUX

## 8 | 13 Actualités

Être dispersé, cela s'apprend ; de bonnes ondes pour les musées ; un nouvel antidépresseur à l'étude ; mieux prévenir les catastrophes ; la conquête de l'espace commence au lit ; le bon sens des bébés...

## 37 | Un jour avec...

Le logisticien Philippe Brion, directeur de l'Unité de logistique internationale-Services et soutien aux expériences (Ulissee).



© L. GEFROY



© H. RAGUET/CEA-DSV/CNRS PHOTO THÈQUE

## 18 | 27 L'enquête

### Imagerie médicale

### Radiographie d'une révolution

19 | Une escalade de progrès 20 | Explorer le corps

22 | Ce qui va sortir des labos 24 | Simuler pour mieux soigner

26 | L'imagerie face à l'éthique



Ces pictogrammes indiquent un contenu (texte, photo ou vidéo) à visionner sur le journal feuilletable en ligne.  
> [www2.cnrs.fr/journal](http://www2.cnrs.fr/journal)

À la une

# Claudine Schmidt-Lainé à la tête de l'Insis

© CNRS DR7



**C**laudine Schmidt-Lainé a été nommée directrice de l'Institut des sciences de l'ingénierie et des systèmes (Insis) du CNRS. Elle remplace Pierre Guillon, qui prend la tête de la Mission pour l'interdisciplinarité de l'organisme. À 56 ans, cette mathématicienne, directrice de recherche CNRS de classe exceptionnelle, était depuis janvier 2010 déléguée régionale du CNRS Rhône-Auvergne. Recrutée en 1981, Claudine Schmidt-Lainé a mené des recherches sur la modélisation de la mécanique des fluides, puis en ingénierie de l'environnement. Directrice adjointe du département Sciences physiques et mathématiques du CNRS au milieu des années 1990, elle a rejoint, en 1998, l'Institut de recherche en sciences et technologies pour l'environnement (Cemagref) en tant que directrice scientifique. Membre de nombreux comités scientifiques, pour l'Académie des sciences notamment, et membre de l'Académie des technologies, Claudine Schmidt-Lainé est aussi chevalier de l'ordre de la Légion d'honneur.

#### PLUS D'INFOS

> [www2.cnrs.fr/presse/communiqu/2259.htm](http://www2.cnrs.fr/presse/communiqu/2259.htm)



© P. LAPORTE

→ Le scanner de la plateforme AST-RX est l'un des plus performants au monde.

## Deux nouvelles plateformes pour la recherche

→ La plateforme d'accès scientifique à la tomographie à rayons X, AST-RX, a été inaugurée le 12 septembre, à Paris. Installée au Muséum national d'histoire naturelle (MNHN), sur le site du Jardin des plantes, cet outil d'imagerie est l'un des plus performants au monde pour l'exploration en 3D des échantillons de sciences naturelles tels que les fossiles, les insectes et les végétaux. Ce scanner permettra en effet de visualiser à haute résolution les structures internes des spécimens sans les altérer. AST-RX a été financé par le conseil régional d'Île-de-France, le MNHN, la Fondation Simone-et-Cino-del-Duca-Institut de France et le CNRS. Quatre jours plus tard, le 16 septembre, a eu lieu la pose de la première pierre d'Ipanema, la plateforme de service et de recherche dédiée aux matériaux anciens et installée au synchrotron Soleil, dans l'Essonne<sup>1</sup>.

1. Lire « Sur la trace des savoir-faire d'antan », CNRS Le journal, n° 257, juin 2011, p. 9.

## Une chercheuse distinguée par l'Académie française

→ Marie-Claude Chaudonneret, chargée de recherche CNRS au Centre André-Chastel<sup>1</sup>, à Paris, a reçu le Grand Prix de l'Essai 2011 de l'Académie française pour son ouvrage *Le Suicide de Gros. Les peintres de l'Empire et la génération romantique*, coécrit avec Sébastien Allard, conservateur au musée du Louvre, et publié par Gourcuff Gradenigo. Prenant comme point de départ la fin tragique du peintre Antoine Gros en 1835, les auteurs explorent les bouleversements qu'a connus la vie artistique à cette époque.



1. Unité CNRS/Université Paris-Sorbonne/Ministère de la Culture et de la Communication.



## Une nouvelle une pour le site du CNRS

→ **Cet été, le site Cnrs.fr a fait peau neuve.** Les objectifs de cette nouvelle mouture? Rendre les contenus plus accessibles et valoriser les résultats scientifiques, ainsi que toutes les actualités du CNRS.



## LAURENT WAUQUIEZ Ministre de la Recherche



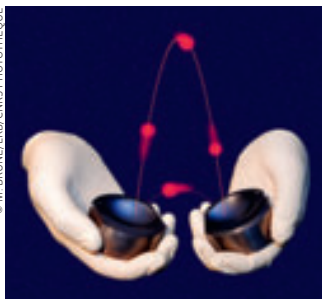
→ **Le 29 juin, lors d'un remaniement ministériel, Laurent Wauquiez a été nommé ministre de l'Enseignement supérieur et de la Recherche. Il remplace Valérie Pécresse, qui a été nommée de son côté ministre du Budget, des Comptes publics et de la Réforme de l'État. Né en 1975, Laurent Wauquiez est normalien, agrégé d'Histoire, titulaire d'un DEA de droit public et ancien élève de l'ENA. Ancien député de Haute-Loire, maire du Puy-en-Velay, il était depuis novembre 2010 ministre chargé des Affaires européennes.**

## Ils ont marqué l'actu

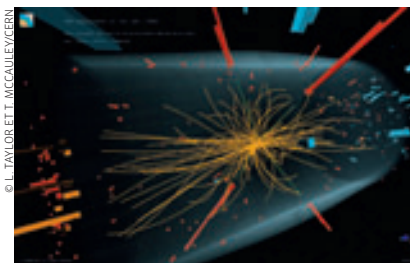
→ **Les pas de dinosaure découverts en juillet à Plagne**, dans l'Ain, par une équipe comprenant un paléontologue du CNRS, ont laissé de nombreuses empreintes dans les colonnes de la presse. Cette piste de plus de 150 mètres constitue la plus longue succession de pas d'un même dinosaure.



© M. BRUNEL/ARMB/CNRS PHOTOTHÈQUE



→ **La « boîte à photon » du laboratoire Kastler Brossel** a surpassé le rêve d'Einstein qui imaginait emprisonner un photon pendant environ une seconde. C'est en effet de façon permanente qu'un nombre constant de photons a été maintenu dans une cavité formée de deux miroirs supraconducteurs.



© L. TAYLOR ET T. MACCALLUE/CERN

→ **Le feuilleton médiatique autour de la découverte du boson de Higgs** n'est pas fini... Après une rumeur qui a fait grand bruit il y a quelques semaines, les physiciens du LHC sont maintenant formels : le domaine de masse où le chercher a été tellement réduit qu'ils sont certains de le trouver d'ici à fin 2012, si l'accélérateur continue de bien fonctionner. Ou de prouver qu'il n'existe pas.



© REPRINTED BY PERMISSION FROM MACMILLAN PUBLISHERS LTD. NATURE 1<sup>st</sup> SEPTEMBER 2011, 477, 7362

→ **Les plus anciens bifaces du monde, découverts au Kenya** par une équipe dirigée par une chercheuse du CNRS, se sont taillé une place de choix dans les médias en cette fin d'été. Datés de 1,76 million d'années, ils ont plus de 350000 ans que les outils du même type trouvés précédemment en Éthiopie.



© M. GHILARDI

→ **Ce n'est que quatre siècles après la construction des temples égyptiens de Karnak** que le Nil s'est écoulé pour la première fois au pied

du site pharaonique, et ce en raison d'une crue. Le résultat de cette étude géoarchéologique, conduite par un chercheur du CNRS, a fait couler beaucoup d'encre après sa publication dans *Journal of Archaeological Science*.

**Astronomie** En octobre, les planétologues du monde entier ont rendez-vous à Nantes pour présenter les avancées dans leur discipline. Les chercheurs français sont très attendus.

# Les succès de la planétologie française

PAR MATHIEU GROUSSON

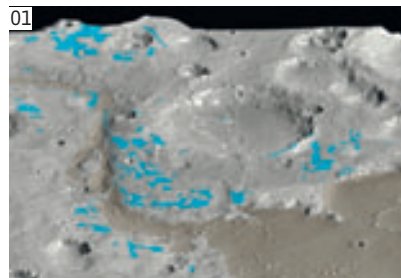
**D**u 2 au 7 octobre prochain, Nantes accueillera le premier meeting commun au Réseau européen de planétologie (Europlanet) et à la Division de planétologie de la Société américaine d'astronomie (DPS). Si bien que, pendant une semaine, tout ce que la Terre recense de planétologues investira l'ex-capitale des Ducs de Bretagne pour faire état des derniers résultats obtenus dans leur discipline. « Depuis plusieurs années, Européens et Américains organisaient chacun de leur côté un colloque, à peu près au même moment, explique Olivier Grasset, du Laboratoire de planétologie et géodynamique de Nantes<sup>1</sup> et responsable du comité d'organisation du meeting. D'où l'idée d'associer ces deux rendez-vous afin de multiplier les échanges. » Avec le choix de la France pour ce premier colloque commun, les Bleus joueront donc à domicile. Aléas de l'organisation? Sans doute. Mais peut-être n'est-il pas interdit de relever la cohérence de ce choix, compte tenu de la très bonne santé de la planétologie française.

## DES PUBLICATIONS QUI FONT RÉFÉRENCE

En témoigne l'enquête publiée avant l'été par le site Internet d'analyse et de tendances scientifiques Sciencewatch.com<sup>2</sup>, qui révèle que la France se place en deuxième position des nations en nombre de citations dans le domaine de la planétologie. Mieux : les articles édités par les chercheurs français, s'ils sont moins nombreux que ceux de leurs homologues états-uniens, sont toutefois plus souvent cités.

Sur la première marche du podium, un article publié dans *Science*, en 2005, par Jean-Pierre Bibring, de l'Institut national d'astrophysique<sup>3</sup>, à Orsay. Ce scientifique est responsable d'*Omega*, un spectromètre installé sur la sonde spatiale européenne *Mars Express*, lancée en 2003 et toujours en activité autour de la planète rouge. Avec son équipe, il a apporté la preuve, en identifiant des roches appelées phyllosilicates,

01 Des scientifiques français ont identifié dans le sol martien des minéraux riches en eau (en bleu) grâce au spectromètre *Omega*. 02 Illustration figurant l'arrivée du module *Huygens* sur Titan, le plus gros satellite de Saturne. 03 Analyse au microscope de chondres, ces minuscules sphères de silicate présentes dans certaines météorites.



© ESA/OMEGA/HRSC

que, dans un lointain passé, de l'eau avait coulé sur Mars. Ainsi, même si en matière d'exploration spatiale les États-Unis tiennent le haut du pavé, « il est évident que le savoir-faire français est très reconnu », constate Olivier Grasset.

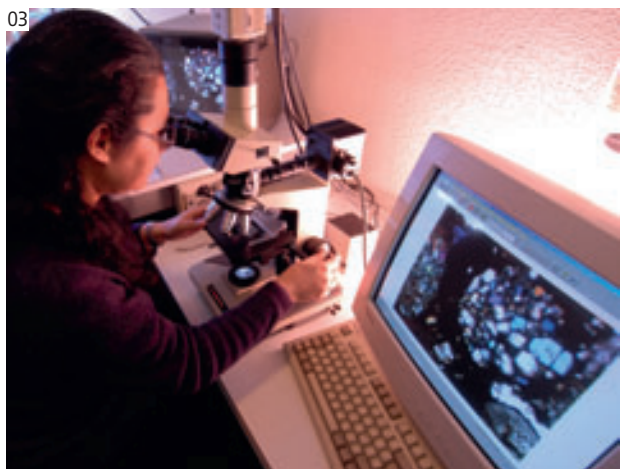
## UN ANCRAGE INTERNATIONAL

Si bien qu'aujourd'hui, c'est un fait : toute mission spatiale d'envergure implique une participation de laboratoires hexagonaux. À cela, plusieurs raisons. D'une part, les nombreux contacts entretenus par les communautés française et américaine de planétologie depuis quarante ans, qui facilitent la participation des équipes nationales aux programmes de l'Agence spatiale américaine (Nasa). D'autre part, le rôle prépondérant du Centre national d'études spatiales (Cnes) au sein de l'Agence spatiale européenne (ESA).

Archétype du programme international : la mission Cassini-Huygens, qui, depuis 2004, explore le système de Saturne. La sonde *Cassini* est l'œuvre de la Nasa, tandis que le module *Huygens*, qui s'est posé en 2005 à la surface de Titan, la plus grosse lune de la planète géante, est le fait de l'Es, après avoir été proposé conjointement par Tobias Owen,



de l'université d'Hawaï, et Daniel Gautier, de l'Observatoire de Paris. « Cela a été une émotion intense de voir les premières images de la surface de Titan arriver sur nos ordinateurs, se souvient Olivier Grasset. Et ce genre de grands moments se produit dans tous les laboratoires français! » Une chose est sûre, ils seront aux premières loges lorsque la sonde européenne *Rosetta* atterrira pour la première fois sur une comète en 2014. Ou en 2018, lorsque la mission conjointe ESA-Nasa ExoMars, d'intérêt biologique, touchera le sol martien.



© H. BRAGUE/INSU/MNH/CNRS/PHOTOTHÈQUE

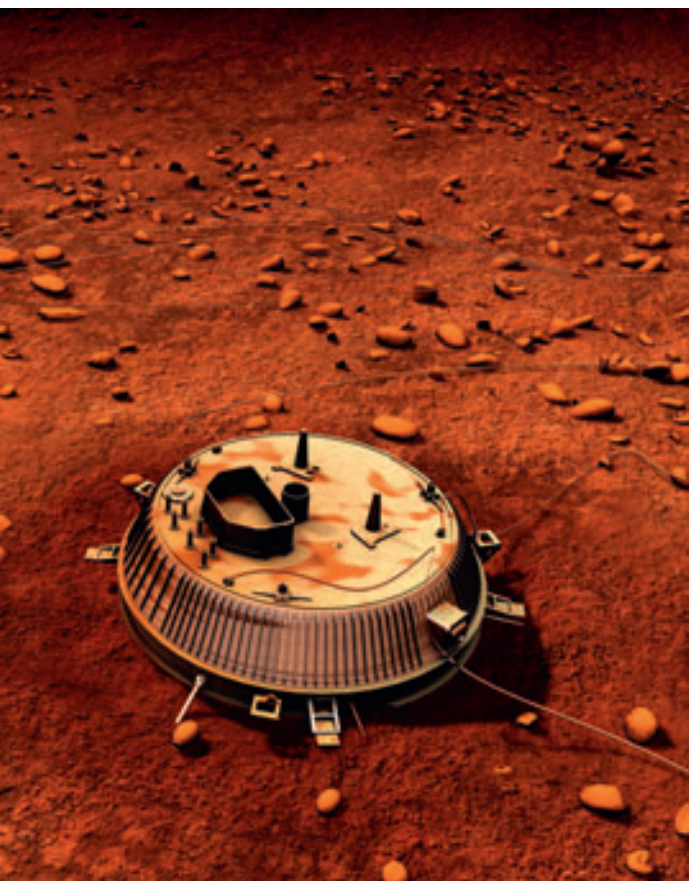
permis aux chercheurs français, dans les années 1990, de parvenir à une vision cohérente de la climatologie martienne », cite en exemple Thierry Fouchet, également chercheur au Lésia.

Depuis, l'expertise des équipes françaises ne s'est pas démentie. La preuve avec les résultats récents obtenus par Alessandro Morbidelli, du Laboratoire Cassiopée astrophysique, sciences mécaniques et analyse des données<sup>5</sup>, à Nice, et Sean Raymond, du Laboratoire d'astrophysique de Bordeaux<sup>6</sup>. Ces spécialistes de mécanique céleste ont en effet montré comment Jupiter, au début du système solaire, aurait migré vers le Soleil jusqu'à l'orbite actuelle de Mars avant de rejoindre sa position actuelle. Un jeu de billard planétaire qui pourrait notamment être à l'origine de la différence de taille entre Mercure, Vénus, la Terre et Mars.

### UNE MOISSON DE RÉSULTATS

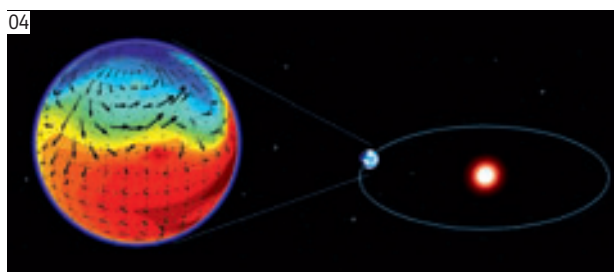
Origine du système solaire encore, avec une série de travaux initiés au début des années 2000, en particulier par Marc Chaussidon, du Centre de recherches pétrographiques et géochimiques du CNRS, à Nancy. Travaux selon lesquels les chondres, de petites billes de silicate contenues dans certaines météorites, ne constitueraient pas les premiers matériaux solides formés dans le système solaire.

« Une série d'indices indique que les chondres résulteraient d'une première génération de planétésimaux qui se seraient formés à peine un million d'années après la création du Soleil, explique François Robert, du Laboratoire de minéralogie et cosmochimie du Muséum<sup>7</sup>, à Paris.



© E. CARREAU/ESA

La discipline doit aussi son succès au Programme national de planétologie (PNP) mis en place par le CNRS en 1991. Cette instance regroupe une centaine de chercheurs de plus de 20 laboratoires. « Une telle organisation intégrée est indispensable du fait de la complexité et du coût d'une mission spatiale, signale Thérèse Encrenaz, du Laboratoire d'études spatiales et d'instrumentation en astrophysique (Lésia)<sup>4</sup>, à Paris. Et plus généralement du fait du caractère très interdisciplinaire de la planétologie. » « Ce type d'approche transversale a par exemple



© E. LIND/CNRS



A voir sur le journal en ligne : la série de films *Des étoiles plein les yeux*.

04 Une image de l'exoplanète Gliese 581. Les flèches représentent les vents et les couleurs, les températures.

Ils se seraient ensuite désagrégés, leurs débris servant de matériaux de base pour la formation des planètes que nous connaissons. » Si bien que le matériau solide original du système solaire serait aujourd'hui inaccessible.

### CAP SUR LES EXOPLANÈTES

Actifs sur le front du système solaire, les chercheurs français le sont aussi hors de ses frontières, principalement dans le domaine des planètes extrasolaires. Il y a quelques mois, une équipe du Laboratoire de météorologie dynamique, à Paris<sup>8</sup>, dirigée par François Forget, est parvenue à modéliser pour la première fois en 3D le climat d'une planète extrasolaire. Prouvant du même coup que Gliese 581d, une super-Terre située à vingt années-lumière du globe terrestre, pourrait être la première exoplanète habitable découverte, c'est-à-dire présentant de l'eau liquide à sa surface. Et la liste des réussites n'est pas terminée...

En attendant, lors du colloque nantais, ce seront probablement les images inédites de Mercure, transmises par la sonde américaine *Messenger*, en orbite depuis mars dernier autour de la planète, qui fascineront les spécialistes. Quant au grand public, il pourra s'initier à la planétologie à travers l'exposition *Voyages planétaires*, organisée en parallèle du colloque à la Cité des congrès de Nantes. De quoi, peut-être, susciter des vocations. Et assurer la relève !

1. Unité CNRS/Université de Nantes.
2. <http://sciencewatch.com/ana/st/planet/>
3. Unité CNRS/Université Paris-Sud-XI.
4. Unité CNRS/Observatoire de Paris/Université Paris-Diderot/UPMC.
5. Unité CNRS/Observatoire de la Côte d'Azur/Université Nice-Sophia-Antipolis.
6. Unité CNRS/Université Bordeaux-I.
7. Unité CNRS/MNHN.
8. Unité CNRS/Ecole polytechnique/UPMC/ENS Paris.

#### CONTACTS :

Laboratoire d'études spatiales et d'instrumentation en astrophysique, Paris

**Thérèse Encrenaz**  
> [therese.encrenaz@obspm.fr](mailto:therese.encrenaz@obspm.fr)

**Thierry Fouchet**  
> [thierry.fouchet@obspm.fr](mailto:thierry.fouchet@obspm.fr)

Laboratoire de planétologie et géodynamique de Nantes

**Olivier Grasset**  
> [olivier.grasset@univ-nantes.fr](mailto:olivier.grasset@univ-nantes.fr)

Laboratoire de minéralogie et cosmochimie du Muséum, Paris

**François Robert**  
> [robert@mnhn.fr](mailto:robert@mnhn.fr)

**Sociologie** Le monde du travail exige des salariés qu'ils soient de plus en plus multitâches. La chercheuse Caroline Datchary s'est penchée sur ce sujet très peu étudié.

# Être dispersé, cela s'apprend !

PAR SEBASTIÁN ESCALÓN

**S**e laisse distraire facilement ; est incapable de se concentrer ; cherche à faire trente-six choses à la fois...

Depuis l'école, la dispersion a toujours été considérée comme une tare empêchant de réaliser des tâches efficacement. Pourtant, elle fait désormais partie du quotidien de la plupart des salariés, qui doivent constamment se partager en deux, en trois ou en vingt pour résoudre tous les petits problèmes du jour. C'est à ce phénomène très peu étudié que Caroline Datchary, sociologue au Laboratoire interdisciplinaire solidarités, sociétés, territoires<sup>1</sup>, à Toulouse, a consacré une enquête ethnographique minutieuse, dont elle publie aujourd'hui les résultats.

## À CHAQUE MÉTIER SA PROBLÉMATIQUE

« Je m'intéresse aux environnements qui poussent à la dispersion et à la manière dont les personnes y font face », explique la chercheuse, qui a mené son étude auprès de quatre professions : les traders, les managers d'entreprises des technologies de l'information et de la communication, les conducteurs de travaux dans les égouts et les salariés d'agences événementielles. Chacun a sa façon d'assumer la dispersion. Ainsi, un trader la gère frontalement,

parce qu'il doit maintenir en permanence une attention périphérique sur la salle des marchés et être prêt à réagir dans la seconde. À l'opposé, un conducteur de travaux s'organise pour éviter les situations de dispersion, car une erreur de sa part peut mettre en péril des vies humaines.

De plus, comme le souligne Caroline Datchary, « le monde du travail évolue. On passe d'une planification centralisée (patron, conseil, supérieur hiérarchique) à un mode où ce sont les salariés eux-mêmes qui doivent faire face aux aléas et aux réorganisations de leur activité. » Livraison retardée, rencontre annulée ou grève : au salarié de se débrouiller à présent. Sans compter qu'il doit distribuer constamment son attention pour répondre au téléphone, consulter ses messageries, se rendre à une réunion ou régler des affaires personnelles. Étonnamment, cet aspect du monde du travail, que chacun connaît

d'expérience, n'est que très peu pris en compte par l'entreprise, les syndicats, l'État ou même la recherche scientifique.

Caroline Datchary a aussi analysé le rôle ambivalent des technologies de l'information et de la communication. Écrans, mobiles, courriels et logiciels ajoutent une nouvelle dimension à la dispersion, en l'augmentant tout en permettant de mieux la gérer, en effectuant, par exemple, de nombreuses tâches automatiquement. Là aussi, entre des managers ou des traders suréquipés en technologie et des conducteurs de travaux d'assainissement qui, sous terre, sont hors de portée des réseaux, les disparités sont énormes et leur gestion de la dispersion, radicalement différente.

## UNE VÉRITABLE COMPÉTENCE

En définitive, cette gestion s'avère être une vraie compétence qui s'acquiert. « La dispersion requiert à la fois de l'agilité temporelle et une grande maîtrise émotionnelle », note Caroline Datchary. En outre, comme le montre la sociologue, elle met les nerfs à rude épreuve. « Il faut être en bonne forme psychique et physique pour supporter cette dispersion. Elle use et exige de la personne un travail supplémentaire pour garder sa cohérence, son unité individuelle. » Raison de plus pour se pencher enfin sérieusement sur ce nouveau phénomène de société.

1. Unité CNRS/Université de Toulouse-II-Le Mirail/EHESS.

→ Les nouvelles technologies de l'information (téléphone portable, Internet, etc.) ont multiplié les sources de dispersion au travail.



© BLEND IMAGES/SHILL STREET STUDIOS/GIFFORD SUN/GETTY IMAGES

### À LIRE

> *La Dispersion au travail*, Caroline Datchary, Octares Éditions, 2011, 206 p.

### CONTACT :

Laboratoire interdisciplinaire solidarités, sociétés, territoires, Toulouse  
**Caroline Datchary**  
 > [caroline.datchary@univ-tlse2.fr](mailto:caroline.datchary@univ-tlse2.fr)





## BIOLOGIE | L'extrême maigrreur a elle aussi une cause génétique,

comme vient de le découvrir une équipe franco-anglo-suisse impliquant le laboratoire Génomique et maladies métaboliques. L'année dernière, cette équipe avait déjà montré que la région du chromosome 16, aujourd'hui incriminée, était celle en cause dans l'obésité.

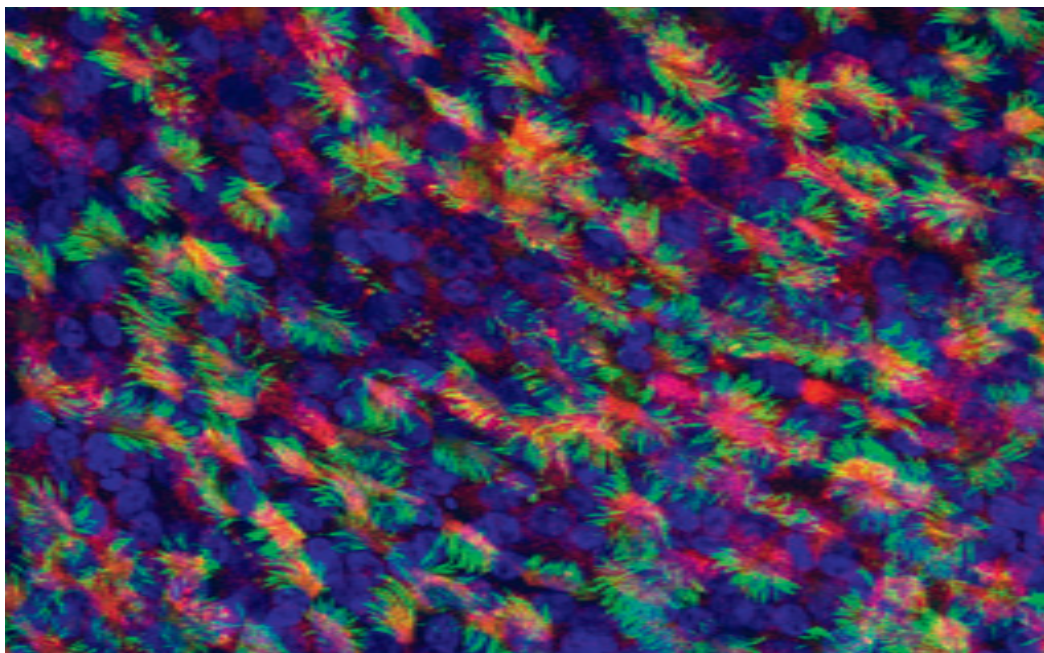
**ASTROPHYSIQUE | L'étoile la plus primitive de notre galaxie a été découverte à 4 000 années-lumière de la Terre, au cœur de la constellation du Lion. C'est un astre nain très riche en hydrogène et en hélium, des éléments légers. Ce résultat, obtenu par une équipe européenne comptant plusieurs chercheurs du CNRS, bouscule les théories existantes sur la formation des étoiles. Selon celles-ci, l'étoile découverte, pauvre en éléments lourds, ne devrait pas exister.**

## PALÉONTOLOGIE | L'apparition

**des mâchoires chez les poissons, il y a 435 millions d'années,** aurait été rendue possible grâce à une réorganisation du cerveau et des organes du sens des millions d'années auparavant. C'est le résultat d'une étude internationale réalisée notamment par des chercheurs du CNRS et du MNHN.

**CHIMIE | L'Afrique du Sud abritait en réalité des sociétés tout à fait organisées entre le VIII<sup>e</sup> et le XIX<sup>e</sup> siècle, et donc à l'arrivée des Européens. C'est ce que montre une étude franco-sud-africaine impliquant le CNRS, réalisée grâce à la datation chimique de pigments contenus dans des perles de verre colorées du site archéologique de Mapungubwe.**

Plus d'actualités sur [www2.cnrs.fr/presse/](http://www2.cnrs.fr/presse/)



© F. AGUILA, B. CHEVALER ET B. MARCET/IRPMC

→ Culture de cellules présentes dans les voies respiratoires. Ici, leurs noyaux apparaissent en bleu, les cils, en vert et les "corps basaux", présents à la base des cils, en rouge.

## Biologie

# Les cellules se font des cils

PAR SEBASTIÁN ESCALÓN

→ **Évidemment, ce n'est pas par coquetterie que certaines de nos cellules** se parent de jolis cils vibratiles : leurs battements coordonnés au sein de nombreux organes remplissent des tâches telles que l'évacuation du mucus des voies respiratoires ou la migration de l'ovule vers l'utérus. Jusqu'à présent, le mécanisme permettant à ces cellules de fabriquer les quelque 200 à 300 cils qui les recouvrent était encore très mal connu.

Mais une équipe pilotée par des chercheurs de l'Institut de pharmacologie moléculaire et cellulaire (IPMC)<sup>1</sup>, à Valbonne, vient de découvrir un élément indispensable à la formation de ces cils, ouvrant ainsi de nouvelles perspectives pour le traitement de maladies comme l'asthme, la mucoviscidose ou les dyskinesies ciliaires. Ces résultats ont été publiés en ligne le 22 mai 2011 par *Nature Cell Biology*<sup>2</sup>.

« Nous sommes les premiers à avoir démontré que les micro-ARN participent à la formation des cils », indique Brice Marcet, chercheur à l'IPMC. *Ces petits brins d'ARN servent à moduler l'expression des gènes et pourraient être impliqués dans la régulation de 30 à 40% du génome.* » En l'occurrence, c'est le micro-ARN miR-449 qui est le point commun des

cellules ciliées étudiées par les chercheurs dans différents organes. Or, si l'on bloque son action, les cils ne se forment pas. L'équipe a montré, en outre, que le rôle de ce micro-ARN était identique de la grenouille à l'homme, preuve que le mécanisme s'est bien conservé au cours de l'évolution.

Reste à dérouler plus précisément la série d'interactions moléculaires conduisant des micro-ARN aux cils. Mais déjà les chercheurs envisagent des applications à leur découverte. « Nous avons déposé un brevet sur l'utilisation de micro-ARN ou de molécules similaires dans le traitement de pathologies respiratoires chroniques », informe Brice Marcet. *Ces maladies débouchent souvent sur une dégradation des tissus ciliés. On peut donc imaginer délivrer des micro-ARN par voie aérosol afin de favoriser la production de cellules ciliées.* »

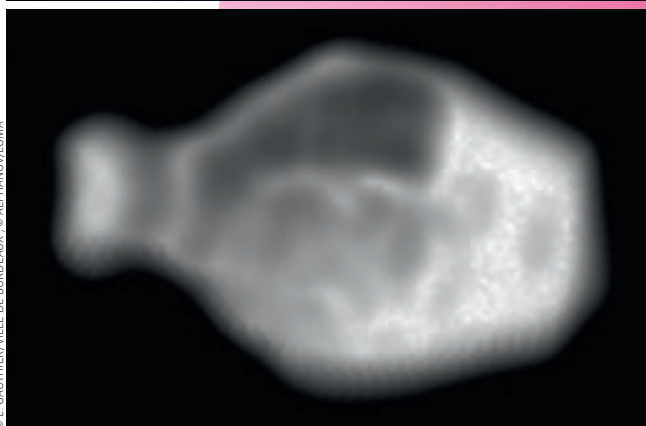
1. Unité CNRS/Université Nice-Sophia-Antipolis.  
2. Travaux en collaboration avec le laboratoire Plasticité de l'épithélium respiratoire dans les conditions normales et pathologiques et l'Institut de biologie du développement de Marseille-Luminy (Unité CNRS/Université de la Méditerranée).

### CONTACT :

Institut de pharmacologie moléculaire et cellulaire, Valbonne  
**Brice Marcet**  
> [marcet@ipmc.cnrs.fr](mailto:marcet@ipmc.cnrs.fr)

**ARN**  
Proche de l'ADN, l'acide ribonucléique, ou ARN, sert aussi de support à l'information génétique.

## DE BONNES ONDES POUR LES MUSÉES



© L. GAUTHIER/VILLE DE BORDEAUX, © ALPHANO/LOMA

→ **Pour sonder leurs précieuses trouvailles**, archéologues et conservateurs de musée ont souvent recours aux rayons X, qui, malheureusement, altèrent les matériaux et rendent parfois impossible toute datation ultérieure. D'où l'intérêt de la nouvelle méthode employée par Emmanuel Abraham, physicien du Laboratoire ondes et matière d'Aquitaine (Loma)<sup>1</sup>, à Talence, qui lui a permis de visualiser, sans dommage, le contenu de poteries égyptiennes scellées ou encore de statuettes africaines en utilisant le rayonnement térahertz. Aujourd'hui connu du public via les scanners corporels des aéroports, ce rayonnement électromagnétique traverse les matériaux opaques comme les tissus, le bois ou les céramiques, mais sans les ioniser étant donné sa faible énergie.

→ Dans cette jarre de l'Égypte antique, le scanner térahertz a détecté un solide fixé en son fond et un autre contenu mobile.

« Beaucoup de laboratoires utilisent les ondes térahertz pour faire de la spectroscopie, indique Emmanuel Abraham. Au Loma, nous avons également cherché des applications en imagerie. Rapidement, notre travail s'est orienté vers l'analyse des objets d'art et archéologiques. » Avec Jean-Pascal Caumes, du Centre technologique optique et lasers Alphanov, les physiciens ont donc développé un scanner térahertz tridimensionnel qui a été installé au musée d'Aquitaine dans le cadre du projet CNRS Tétra-Scan (Action interdisciplinaire de recherche Archéométrie). L'étude de plusieurs pièces du musée a déjà confirmé les potentialités de cette technologie. **P. P.**

<sup>1</sup> Unité CNRS/Université Bordeaux-I.

CONTACT :  
Laboratoire ondes et matière d'Aquitaine, Talence  
**Emmanuel Abraham**  
> em.abraham@loma.u-bordeaux1.fr

## Neurobiologie

# Un nouvel antidépresseur à l'étude

PAR KHEIRA BETTAYEB

→ **S'ils ont considérablement amélioré la prise en charge de la dépression**, les antidépresseurs présentent de nombreux effets secondaires, comme le terrible risque de suicide lors des premières semaines de traitement. Développer de nouveaux médicaments pour traiter cette pathologie demeure donc primordial. Une avancée majeure vient d'être réalisée en ce sens par une équipe franco-américaine comprenant des chercheurs du Laboratoire d'innovation thérapeutique (LIT)<sup>1</sup>, à Illkirch. Les scientifiques ont découvert une molécule de synthèse originale (ANA-12) très prometteuse, qui a montré des propriétés antidépressives remarquables chez la souris.

Publiés en mai dernier dans *Journal of Clinical Investigation*, ces travaux

ouvrent un tout nouveau champ d'investigation en neurobiologie. L'originalité d'ANA-12 ? Son mode d'action, totalement différent de celui des antidépresseurs classiques : la molécule n'agit pas directement au niveau des **neurotransmetteurs**, mais bien en amont, sur la croissance et sur le développement des neurones mêmes. « C'est la première fois que l'on attaque le problème par ce versant encore très peu, voire pas du tout, exploré par l'industrie pharmaceutique », s'enthousiasme Didier Rognan, chercheur au LIT.

ANA-12 inhibe partiellement une protéine clé à la surface des neurones, le récepteur TrkB (*tropomyosin-related kinase B*), qui induit normalement la croissance des neurones. Point important, la molécule inhibe seulement 40 % de l'activité de TrkB. Elle n'empêche donc pas complètement la croissance des

neurones, ce qui serait dangereux. « Nous avons eu l'idée de chercher une substance capable d'éteindre TrkB, car ce récepteur dysfonctionne chez les patients dépressifs », précise Didier Rognan.

Afin d'identifier ANA-12, les chercheurs ont dû étudier la structure en 3D de plus de trois millions de molécules candidates pour trouver celle qui s'emboîte le mieux à la surface de TrkB. Enfin, ils ont vérifié, avec succès, les effets antidépressifs et anxiolytiques d'ANA-12 chez la souris à l'aide de tests comportementaux. Reste maintenant à confirmer ces effets chez l'homme.

<sup>1</sup> Unité CNRS/Université de Strasbourg.

### NEUROTRANSMETTEUR

Substance libérée par les neurones permettant aux cellules nerveuses de transmettre leurs messages.

### CONTACT :

Laboratoire d'innovation thérapeutique, Illkirch  
**Didier Rognan**  
> rognan@unistra.fr

**Interdisciplinarité** Des scientifiques traquent les points communs aux différents types d'événements extrêmes. Le géophysicien Michael Ghil nous en dit plus.

# Mieux prévenir les catastrophes

PAR DENIS DELBECQ

**Les scientifiques du projet européen sur les événements extrêmes, que vous coordonnez, viennent de publier leurs conclusions<sup>1</sup>. Mais, tout d'abord, qu'appelle-t-on un "événement extrême"?**

**Michael Ghil :** Il est difficile d'en donner une définition parfaite. Au sein du programme Causes et conséquences des événements extrêmes (E2C2), nous nous sommes entendus sur un ensemble commun de critères, comme la rareté, l'irrégularité et le fait qu'on peut mesurer une grandeur susceptible de prendre une valeur extrême. On observe ces événements dans de nombreux domaines. On pense aux phénomènes climatiques et aux séismes, mais ils touchent aussi l'économie (crise boursière) et la vie quotidienne (poussée de criminalité, émeutes).

**Quel était l'objectif du programme?**

**M. G. :** Il consistait à comparer différentes méthodes d'étude d'événements extrêmes à partir de cas concrets tels les crues du Nil, les séismes dans la région de Vrancea en Roumanie et l'impact économique de catastrophes climatiques. En tout, plus de 80 chercheurs de 17 institutions et de 9 pays ont été impliqués pendant plus de trois ans. Ils ont montré que la connaissance des phénomènes, leur mise en équation et une étude statistique des résultats de ces équations, ainsi que des données d'observation permettent d'améliorer les

prévisions, en dépit des incertitudes. Il s'agit d'une véritable moisson scientifique, avec plus d'une centaine de travaux publiés. E2C2 a aussi témoigné de la grande richesse des échanges pluridisciplinaires.

**Quels points communs existe-t-il entre des modèles qui décrivent des phénomènes physiques comme le climat et des comportements socio-économiques?**

**M. G. :** Confronter les idées dans des domaines aussi différents que la climatologie, la sismologie et l'économie peut surprendre. Mais il existe des traits communs à ces événements extrêmes, notamment l'apparition de phénomènes précurseurs. En sociologie, par exemple, il existe une hypothèse, certes controversée, dite des vitres brisées : quand les vitres cassées se multiplient dans un quartier, on commence à voir des poubelles renversées, puis des exactions contre les passants, puis contre la force publique, ce qui débouche parfois sur des émeutes. Or on observe aussi des phénomènes précurseurs avant l'apparition de grands séismes.

**Pourra-t-on prévoir ces événements avant qu'ils ne se produisent?**

**M. G. :** Nous avons une fois de plus constaté que la modélisation fonctionne bien pour

reconstituer le déroulé d'événements passés. Cependant, il faut avoir conscience que les phénomènes évoluent dans le temps. On peut ainsi faire des statistiques sur les crues du Nil, mais que se passe-t-il si le régime des pluies change? Pour l'oscillation australe El Niño, un réchauffement épisodique des eaux du Pacifique qui influe sur le climat, nous avons jusqu'ici une méthode de prévision bien calée. Mais, quand on examine maintenant ce qui se passe en temps réel, on voit bien que quelque chose a changé. Améliorer la confiance dans nos prévisions passe donc désormais par la mise en équation, très complexe, de ces évolutions.

1. Travaux publiés en mai dans la revue *Nonlinear Processes in Geophysics*.  
2. Le LMD (Unité CNRS/ENS/UPMC/École polytechnique) fait partie de l'Institut Pierre-Simon-Laplace.

**EN LIGNE**

> <http://e2c2.ipsl.jussieu.fr/>



MICHAEL GHIL

Ce chercheur du Laboratoire de météorologie dynamique (LMD)<sup>2</sup>, à Paris, coordonne le programme Causes et conséquences des événements extrêmes (E2C2).



© HI EDDIS/SPL/PHANIE



© S. HONDA/AFP

→ Tornades, crises boursières, émeutes... Ces événements hors norme ont des similitudes que les chercheurs tentent de définir.



© ARS/PROPOULOS/SIPA

**CONTACT :**

Laboratoire de météorologie dynamique, Paris  
**Michael Ghil**  
> [ghil@lmd.ens.fr](mailto:ghil@lmd.ens.fr)

**Médecine** L'Agence spatiale européenne conduit à Cologne une expérience pour mesurer la nocivité de l'impesanteur sur le corps humain.

# La conquête de l'espace commence au lit

PAR SEBASTIÁN ESCALÓN

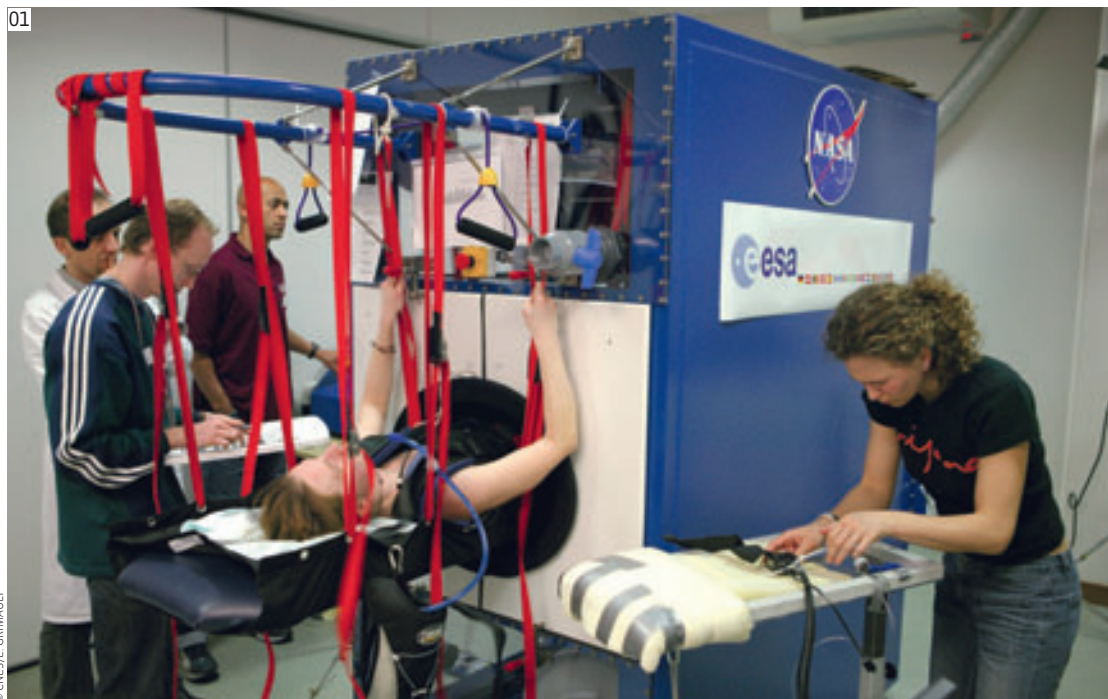
**T**rois semaines au lit, le corps légèrement incliné la tête en bas, avec interdiction de se lever

ou de s'asseoir, à la merci d'une bonne dizaine d'équipes de recherche médicale. En septembre, à Cologne, l'Agence spatiale européenne soumet vingt volontaires – des hommes âgés de 18 à 45 ans, en bonne santé – à cette épreuve afin de simuler les conditions d'impesanteur (appelée également apesanteur) que connaissent les spationautes et étudier les pathologies associées aux séjours dans l'espace.

« Il y a deux causes importantes de troubles liés à l'impesanteur, explique Stéphane Blanc, chercheur à l'Institut pluridisciplinaire Hubert-Curien<sup>1</sup>, à Strasbourg, et membre de l'équipe d'expérimentateurs. D'une part, les fluides se concentrent dans la région thoracique, ce qui provoque des troubles cardio-vasculaires et de la circulation au retour sur terre. D'autre part, la diminution de l'effort physique entraîne une série d'adaptations négatives, comme la fonte musculaire ou la déminéralisation osseuse. »

## EXPÉRIMENTER L'ALITEMENT PROLONGÉ

Les sujets soumis à un alitement prolongé avec une inclinaison de 6 degrés la tête en bas connaissent des troubles similaires. D'où cette nouvelle série d'expérimentations (après notamment les projets Wise en 2005 et Bed Rest en 2010), à laquelle participent cardiologues, ostéologues, immunologues, neurologues ou encore spécialistes du métabolisme comme Stéphane Blanc, qui, ensemble, tentent de faire progresser la médecine spatiale. « Vu les troubles que l'on observe chez les spationautes lors des vols de courte et moyenne durée, il ne serait pas éthique de les envoyer en mission longue telle qu'un vol vers Mars sans que les mesures de prévention soient validées, commente le chercheur. Voilà pourquoi, lors de cette expérience d'alitement, nous testons divers protocoles visant à diminuer les effets délétères de l'impesanteur, comme l'apport de resvératrol, une molécule caractéristique du vin rouge qui a déjà démontré son efficacité chez le rat, ou d'un régime riche en protéines pour prévenir la fonte musculaire. »



Et ce n'est pas tout : de ces avancées en médecine spatiale pourrait découler un nouveau regard sur les maladies métaboliques chroniques telles que l'obésité ou le diabète. « Le mode de vie sédentaire, inactif, est associé à de nombreuses maladies, remarque Stéphane Blanc. Aux États-Unis, on estime qu'il est la deuxième cause de mortalité. Or, jusqu'à présent, les chercheurs ont surtout étudié les effets positifs de l'activité physique, mais très peu les effets négatifs de l'inactivité. Les expériences d'alitement nous permettent de déterminer les modifications du métabolisme induites par le manque d'exercice chez des sujets sains, tout comme différentes interventions qui peuvent s'opposer au développement des pathologies. »

À la base de ces travaux, une hypothèse forte : il existerait un seuil d'activité physique minimum en deçà duquel les mécanismes de régulation du poids de l'organisme sont inopérants. Saisir comment le métabolisme se dérègle et favorise la prise de poids chez le sujet inactif serait donc une des clés pour comprendre, puis combattre l'obésité.

## SURVEILLER LES ACIDES GRAS

À Cologne, les chercheurs s'intéressent au devenir des lipides dits saturés consommés par les volontaires et au métabolisme de l'insuline, hormone qui régule le taux de sucres et de lipides dans le sang. L'inactivité physique induit en effet un état prédiabétique très marqué qui semble impliquer une altération importante du métabolisme des lipides. Les chercheurs tentent donc de mesurer

## Psychologie

## Le bon sens des bébés

PAR KHEIRA BETTAYEB

→ **À l'âge de 12 mois, alors qu'ils ne savent pas encore parler**, les enfants

possèdent déjà une faculté cognitive étonnante, au cœur de l'intelligence humaine : ils sont capables de prédire rationnellement les événements à venir dans une scène complexe qu'ils n'ont jamais vue auparavant. Et ce, en effectuant une analyse de probabilités sophistiquée. Publiés le 27 mai dans *Science*, ces travaux révolutionnaires, menés par une équipe du Laboratoire de psychologie cognitive (LPC)<sup>1</sup>, à Marseille, vont à l'encontre de la théorie vieille de soixante ans du célèbre psychologue du développement suisse Jean Piaget, selon laquelle l'enfant ne peut faire de telles prédictions avant l'âge de 7 ans.

Pour arriver à leur conclusion, les chercheurs ont montré des vidéos à soixante bébés de 12 mois, dans lesquelles des objets de forme et de couleur différentes rebondissaient dans une urne dont le fond était percé d'une ouverture. L'urne était ensuite masquée, puis l'un des objets en sortait. Les chercheurs ont alors mesuré la durée de l'attention des enfants face aux différentes scènes filmées, en tenant compte du présupposé suivant : si un enfant regarde longtemps un événement, c'est qu'il est intrigué, et donc qu'il ne l'avait pas prévu.

Résultat, il est apparu que les bébés faisaient des prédictions probabilistes correctes. « Prenons le cas d'une urne contenant trois balles bleues et un cube rouge, ce dernier étant très proche de



© IMAGE SOURCE/GETTY IMAGES

→ Les enfants sont capables de prédire la logique de certains événements dès 1 an, soit beaucoup plus tôt que ce que l'on pensait.

l'ouverture, expose Vittorio Girotto, du LPC. Si le temps du masquage est long (2 secondes), les enfants regardent davantage la scène dans laquelle le cube sort. Ils sont étonnés, car cet événement est le moins probable. En effet, d'une part, les balles bleues sont plus nombreuses et, d'autre part, pendant le masquage, le cube a eu le temps de rebondir loin de l'ouverture. En revanche, si le masquage ne dure que 0,04 seconde, les enfants fixent davantage la scène dans laquelle une des balles bleues sort, celles-ci ayant moins de chance de sortir puisqu'elles sont plus éloignées de l'ouverture. » Preuve que les bébés se révèlent aptes à réaliser une analyse probabiliste en considérant non seulement la proportion des différents objets, mais aussi leur emplacement. Désormais, le chercheur et son collègue Michel Gonzalez tentent de savoir comment évolue cette faculté chez des enfants de 6-7 ans.

1. Unité CNRS/Université de Provence.

**CONTACT :**  
Laboratoire de psychologie cognitive, Marseille  
**Vittorio Girotto**  
> [girotto.vittorio@gmail.com](mailto:girotto.vittorio@gmail.com)

01 Exercice d'aérobic en position couchée sur un tapis roulant lors de l'expérience Wise 2005.

02 Volontaire alité sur un lit incliné à 6 degrés dans le cadre de la campagne Bed Rest 2010.

© CNESIR BARRANCO

les flux de ces acides gras à travers les organes sensibles à l'insuline (foie, muscles et tissus adipeux). Pour cela, ils ajoutent différents lipides marqués chimiquement à la nourriture des patients ou les leur injectent par voie intraveineuse. Ainsi, ils peuvent savoir si les lipides sont oxydés, et donc utilisés comme source d'énergie par l'organisme, ou s'ils sont au contraire stockés. Dans le même temps, ils analysent les régulations génétiques sous-jacentes pour suivre les modifications métaboliques induites par l'absence d'activité physique. La médecine spatiale n'est donc pas réservée à une poignée d'aventuriers du cosmos : elle est aussi riche de retombées pour nous autres, humbles terriens vissés au plancher des vaches.

1. Unité CNRS/Université de Strasbourg.

**CONTACT :**

Institut pluridisciplinaire Hubert-Curien,  
Strasbourg  
**Stéphane Blanc**  
> [stephane.blanc@iphc.cnrs.fr](mailto:stephane.blanc@iphc.cnrs.fr)

## À suivre

**Cognition** | Attention, expérience ludique en cours ! Les chercheurs du Laboratoire de psychologie cognitive étudient nos capacités de lecture via l'application gratuite Science XL, pour iPhone, iPod Touch et iPad. Elle consiste à distinguer le plus rapidement

possible les mots réels de mots inventés, en appuyant sur l'écran. La participation de dizaines de milliers de personnes est espérée.

**Astronomie** | Le 8 octobre, la Terre traversera un nuage de poussières laissées par une comète il y a plus d'un siècle. Une pluie

d'étoiles filantes sera alors visible partout en Europe. Des scientifiques, dont plusieurs de l'Institut de mécanique céleste et de calcul des éphémérides, monteront à bord d'un avion de l'unité Safire du CNRS pour étudier ce phénomène nommé Draconides.

01



© 01, 03, 04, 05 - L. DAMELET/CCJ

Archéologie Les photographies numériques sont d'une grande aide pour les fouilles sous-marines. Récemment, une équipe de chercheurs franco-croate a ainsi pu représenter, sous toutes ses coutures, un bateau de l'Antiquité.

© V. FRKA 02



# Une épave antique à l'ère numérique

PAR GAËLLE LAHOREAU

**D**epuis le II<sup>e</sup> siècle, l'épave gisait sous trois mètres d'eau dans la baie de Caska, en Croatie. Le bateau, dont les pièces de bois ont été assemblées à l'aide de tresses végétales, vient d'être reproduit en trois dimensions par les archéologues du Centre Camille-Jullian<sup>1</sup> d'Aix-en-Provence et de l'université de Zadar, grâce à une technique appelée photogrammétrie numérique. Pour mener à bien cette modélisation, des mesures précises de l'épave étaient nécessaires. Or, prendre celles-ci en milieu immergé, à l'aide de décamètres souples ou de mètres pliants, n'est

pas chose aisée. Et de simples photographies ne fournissent qu'une échelle de grandeur des longueurs, qui sont faussées par l'angle et la distance des prises de vue, ainsi que par l'optique de l'appareil. Pour obtenir des mesures exactes, l'astuce consiste à prendre plusieurs photos sous différents angles. Aux logiciels ensuite, guidés par une main experte, de rassembler les clichés, un peu à la manière dont notre cerveau recrée une image à partir de celles fournies par nos deux yeux.

« Pour pouvoir superposer les images, il est essentiel d'avoir au moins trois repères clairement identifiables », souligne Giulia Boetto, archéologue au Centre Camille-Jullian et coordinatrice de ces





recherches. Les repères? Ce sont les différents éléments architecturaux du bateau, préalablement marqués par des punaises pour les chevilles de bois et par du fil de fer plastifié pour les alignements du **bordé**. Un réseau de cibles complète également le dispositif. En deux heures à peine, près de 400 photos ont été prises lors de la fouille conduite en mai 2010, immortalisant les 2 500 repères de l'épave. Il a ensuite fallu deux semaines pour aboutir à une représentation exploitable.

La photogrammétrie n'est pas une technique récente en elle-même. Les archéologues l'utilisaient déjà dans les années 1970. Mais elle nécessitait alors un dispositif particulier, notamment la fixation, au fond de l'eau, d'un cadre métallique destiné à recevoir l'appareil photographique. Depuis, les appareils numériques et les logiciels informatiques ont apporté une souplesse d'utilisation et un degré de précision de l'ordre du centimètre. « *Replacé dans le contexte contraignant d'une étude sous-marine, ce niveau de précision est tout à fait acceptable compte tenu du rendu escompté* », indique Vincent Dumas, ingénieur-topographe au Centre Camille-Jullian.

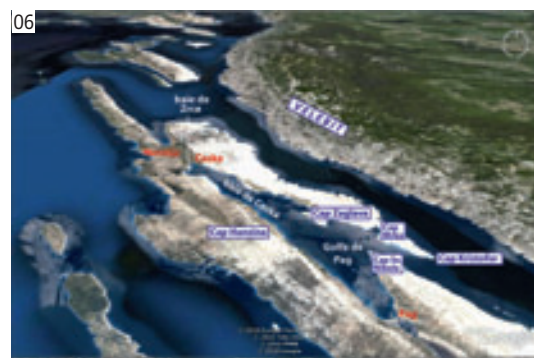
#### BORDÉ

Ensemble des planches formant le revêtement extérieur d'une coque.

01 Préparation du matériel avant la mise en place du chantier de fouille sous-marine.

02 Un plongeur dispose un cube qui servira à l'orientation et à la mise à l'échelle des images, tandis qu'un autre photographie les repères nécessaires à la reconstruction numérique du bateau.

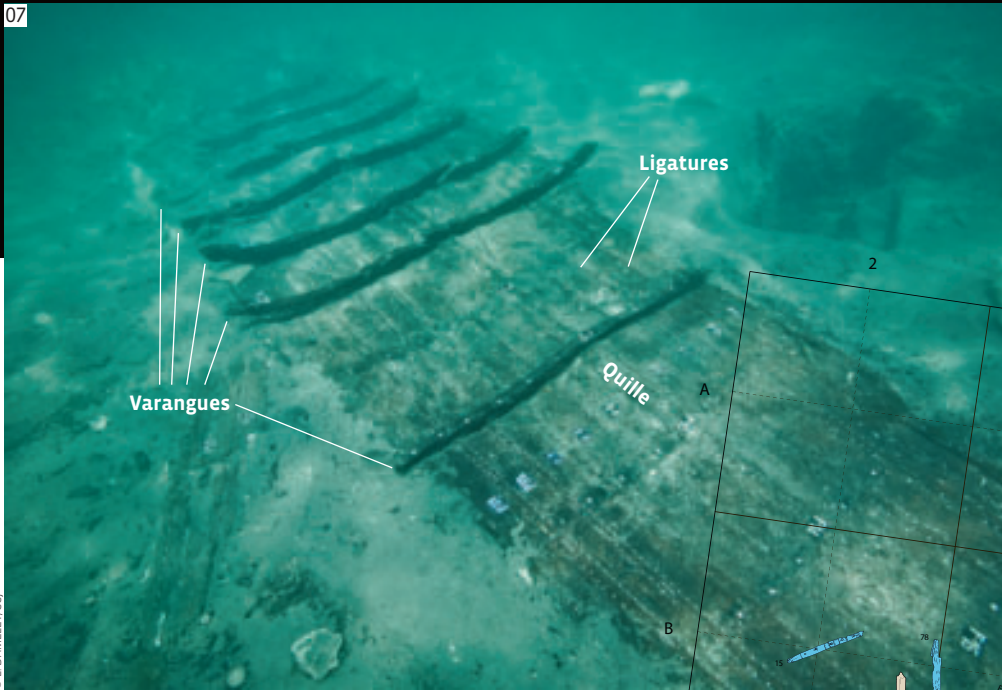
03 L'épave, ensevelie sous la vase depuis des siècles, est découverte minutieusement à l'aide d'un aspirateur à sédiments.



04 Rien ne remplaçant l'œil humain, certaines observations et mesures sont également consignées manuellement sur une planchette en plastique.

05 Ce plongeur tient un prisme qui permet de localiser avec précision les contours de l'épave depuis la côte.

06 La baie de Caska est située sur l'île croate de Pag, dans une région constituée d'un chapelet d'îles et de fjords profonds.



07 D'une dizaine de mètres, le bateau servait au transport des hommes, bêtes et denrées.

08 Reconstruction numérique de l'épave. Les couleurs indiquent les divers éléments de la structure conservés.

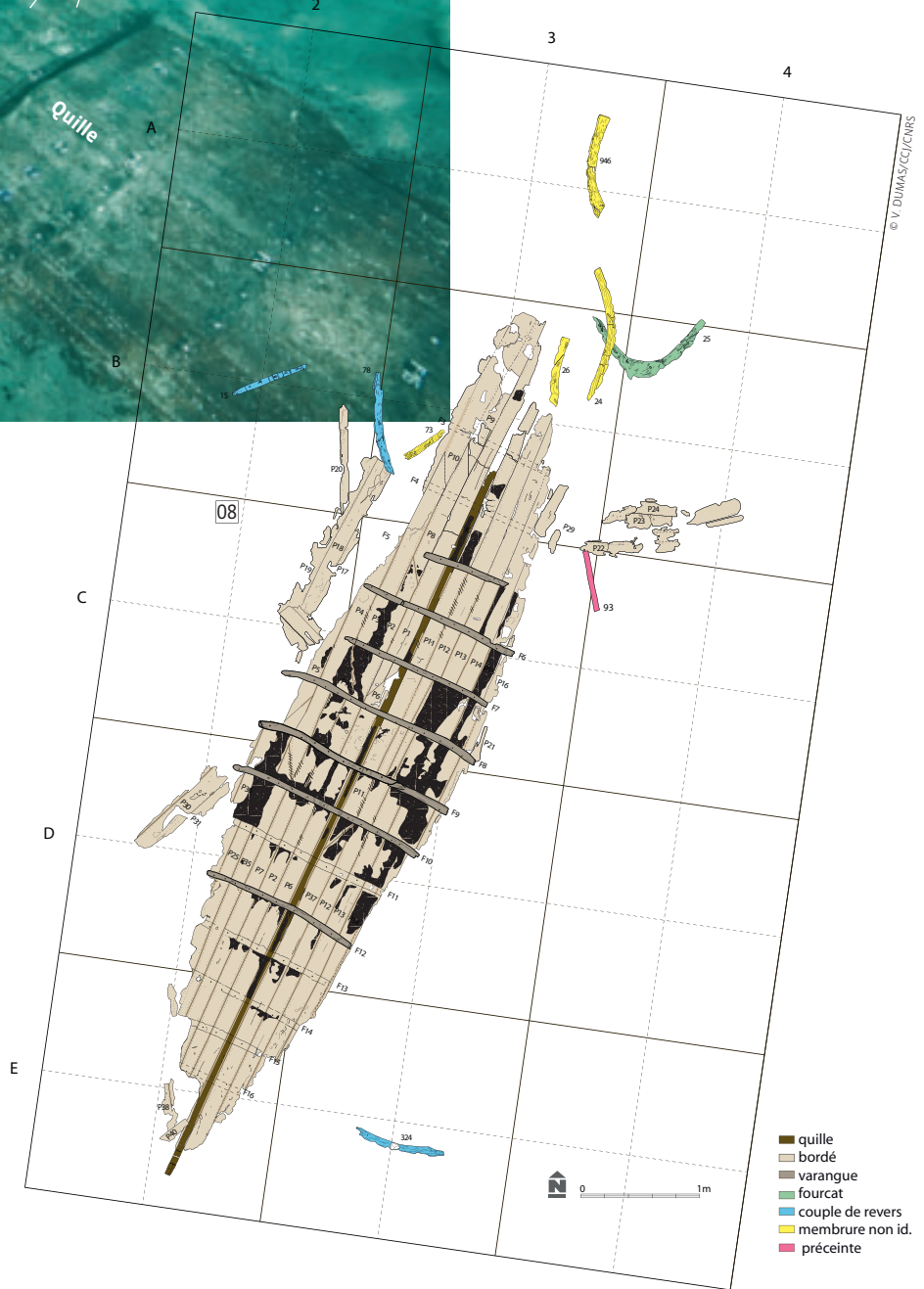
09 Le bordé est cousu par des ligatures végétales bloquées par des chevilles en bois. Un bourrelet, également en fibres végétales, assure l'étanchéité du système.

© L. DAMIELET/CCI

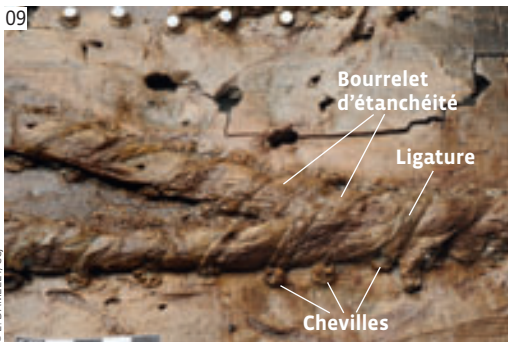
Pour comprendre l'architecture du bateau, les images ne remplaceront néanmoins jamais tout à fait l'œil des experts. Des éléments de l'épave ont donc été remontés afin d'ausculter l'assemblage de la coque cousue, réalisé à l'aide de liens végétaux. « La ligature était une tresse simple faite de fibres élaborées à partir d'écorce, de tilleul très probablement. Elle enserrait un bourrelet d'étanchéité constitué aussi de fibres végétales, détaille Giulia Boetto. Ligatures et bourrelets devaient être refaits régulièrement. »

À l'époque, les Romains avaient pourtant disséminé dans tout le Bassin méditerranéen la technique de construction par tenons et mortaises, qui consiste à emboîter des pièces entre elles. « Les chantiers locaux de cette région de l'Adriatique ont continué à construire des bateaux selon une technique que, probablement, ils maîtrisaient mieux et qui devait être plus adaptée à leur espace maritime, caractérisé par des myriades d'îles et des fjords très profonds, explique l'archéologue. Des facteurs économiques ne sont pas non plus à exclure. »

À la fin de sa vie, l'embarcation n'a plus servi à transporter hommes, bêtes et denrées. Elle a été remplie de blocs de pierre et coulée, volontairement, afin d'aménager un embarcadère. Sans cette réutilisation,



© V. DUMAS/CCI/CNRS



jamais elle ne serait arrivée jusqu'à nous. Les pierres l'ont protégée du taret, un mollusque dévoreur de bois. En fin de mission, l'équipe franco-croate a d'ailleurs pris soin de recouvrir soigneusement l'épave de sable. Giulia Boetto est formelle : « Sinon, en moins de trois mois, elle aurait disparu ! »

1. Unité CNRS/Université de Provence/Ministère de la Culture et de la Communication.

**CONTACTS :**  
 Centre Camille-Jullian, Aix-en-Provence  
**Giulia Boetto**  
 > boetto@msh.univ-aix.fr  
**Vincent Dumas**  
 > vdumas@msh.univ-aix.fr

© L. DAMIELET/CCI



Sciences de l'éducation Le chercheur Bruno Suchaut commente le récent rapport de la Conférence nationale sur les rythmes scolaires.

# Quels rythmes pour nos écoliers ?

PAR STÉPHANIE ARC

**L**e 4 juillet, le comité de pilotage de la Conférence nationale sur les rythmes scolaires a remis son rapport au ministre de l'Éducation nationale, Luc Chatel. Au sommaire de cette étude attendue, un ensemble de réflexions ainsi que dix mesures visant à une meilleure répartition des temps scolaires, à l'échelle de l'année, de la semaine et de la journée. Lancée en juin 2010 par Luc Chatel, cette conférence fait suite à l'instauration, à la rentrée 2008, de la semaine de quatre jours, désapprouvée par les spécialistes de l'apprentissage scolaire.

Objectif du rapport ? La mise en place « de rythmes plus équilibrés pour la réussite de tous », explique Bruno Suchaut, directeur de l'Institut de recherche sur l'éducation<sup>1</sup>. Autrement dit, pour réduire les écarts de niveau entre les élèves à l'école primaire et au collège. « Car, si le niveau baisse de façon alarmante, ajoute le chercheur, c'est surtout vrai pour les enfants des milieux sociaux les plus défavorisés. »

## DES JOURNÉES SURCHARGÉES

Il faut dire qu'avec six heures quotidiennes d'enseignement à l'école élémentaire, et plus au collège, auxquelles s'ajoutent devoirs à la maison, activités périscolaires et heures de cours personnalisés pour les élèves en difficulté, « la France s'avère l'un des pays européens avec les journées scolaires les plus chargées ». Et pour cause : si les élèves cumulent le plus grand nombre annuel d'heures de cours en Europe, ils ont aussi les semaines les plus courtes et le moins de jours d'école par an (144 jours, contre 180 en moyenne pour les pays de l'OCDE). Mais ce n'est pas tout, alerte Bruno

Suchaut : « Congés mal répartis, séquences d'apprentissage placées en début de matinée ou d'après-midi, alors que les capacités d'attention sont moindres... Le modèle français actuel n'est pas adapté aux rythmes biologiques des enfants. »

Aussi le rapport préconise-t-il de repasser à neuf demi-journées de cours par semaine, voire dix, avec cinq heures maximum par jour, six après la classe de quatrième. Pas question pour autant de mettre les bambins à la porte de l'école dès 15 heures : afin de pouvoir faire leurs devoirs ou suivre des cours du soutien, ils bénéficieraient de deux heures d'accompagnement éducatif.

## UNE ORGANISATION À ASSOULIR

Et, pour conserver le nombre annuel d'heures, l'année scolaire passerait de 36 à 38 semaines, avec une alternance de 7 semaines travaillées et de 2 semaines chômées. « On gagnerait à raccourcir les vacances d'été, durant lesquelles les élèves de milieu défavorisé perdent souvent en connaissance, tandis que les autres y gagnent », remarque Bruno Suchaut.

Celui-ci pense d'ailleurs qu'on pourrait descendre jusqu'à quatre heures de cours par jour en primaire « si l'on met à profit, au sein de l'école, le temps libéré pour réduire l'impact du milieu social. Comment ? « Plutôt que de mettre tout le



© D. LABORDE/LA NOUVELLE RÉPUBLIQUE/PHOTOPOR

→ Les petits Français ont plus d'heures de cours par jour que leurs condisciples européens.

monde dans le même moule, on pourrait imaginer que, en fonction de leurs besoins, certains élèves, en difficulté, soient pris en charge sur des aspects purement scolaires, tandis que d'autres participeraient à des activités sportives ou culturelles... » En somme, une organisation plus souple, en collaboration avec les associations et les collectivités territoriales, également suggérée par le rapport. Quant à son application éventuelle, il faudra attendre... 2013!

1. Unité CNRS/Université de Bourgogne.

## EN LIGNE

> [www.rythmes-scolaires.fr](http://www.rythmes-scolaires.fr)



BRUNO SUCHAUT

Directeur de l'Institut de recherche sur l'éducation, ce scientifique mène des travaux sur les compétences des élèves, l'efficacité du système scolaire français ou encore l'enseignement dans les pays en voie de développement.

## CONTACT :

Institut de recherche sur l'éducation, Dijon  
Bruno Suchaut  
> [bsuchaut@u-bourgogne.fr](mailto:bsuchaut@u-bourgogne.fr)

Depuis la toute première radiographie, en 1895, l'imagerie médicale a fait des progrès saisissants. Révolutionnant la médecine, elle permet aujourd'hui de visualiser les os, les tissus et les organes de façon toujours plus précise et moins invasive. Le but? Dépister les anomalies, évidemment, mais aussi, et de plus en plus, soigner. Dans les laboratoires du CNRS, de nombreux scientifiques œuvrent pour améliorer les différentes technologies et en inventer de nouvelles. À l'occasion du 30<sup>e</sup> anniversaire de l'IRM et du congrès de la Société française de radiologie, qui se tient du 21 au 25 octobre, *CNRS Le journal* est parti à leur rencontre.

UNE ENQUÊTE DE LAURE CAILLOCE, FABRICE DEMARTHON ET PHILIPPE TESTARD-VAILLANT

# IMAGERIE MÉDICALE

## Radiographie d'une révolution



Une escalade de progrès **19** | Explorer le corps **20** | Ce qui va sortir des labos **22** | Simuler pour mieux soigner **24** | L'imagerie face à l'éthique **26** |

# Une escalade de progrès

**C'est l'une des plus grandes révolutions de l'histoire de la médecine.** Elle a commencé à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, avec l'apparition de la radiographie, et elle est toujours en cours ! L'imagerie médicale, 70 millions d'exams en France chaque année, est loin d'avoir atteint ses limites. Si la radiographie est toujours la technique la plus répandue, elle a été rejointe par d'autres technologies, telle l'imagerie par résonance magnétique (IRM), dont on célèbre cette année le 30<sup>e</sup> anniversaire. Chemin faisant, les fonctions de l'imagerie ont évolué. De simple photographie de l'intérieur du corps humain, fournissant des informations sur la structure osseuse ou la forme et les anomalies des différents organes, elle offre aujourd'hui une vue imprenable sur ces mêmes organes en pleine action et permet de visualiser jusqu'au métabolisme cellulaire. Elle facilite ainsi le diagnostic de maladies comme le cancer et certaines affections neurodégénératives. Et, pour parfaire le tableau, elle s'est découverte une autre vocation : celle de soigner les patients. Autant dire que, dans le monde entier, les scientifiques œuvrent pour que l'imagerie développe tout son potentiel.

## DES IMAGES DE MEILLEURE QUALITÉ

Mais revenons un peu en arrière... « Dans les vingt ans qui ont suivi l'arrivée de l'IRM en France, entre 1980 et 2000, les progrès ont d'abord concerné la qualité des images produites », se souvient Isabelle Magnin, directrice du Centre de recherche en acquisition et traitement d'images pour la santé (Creatis)<sup>1</sup>, à Villeurbanne. À l'inverse des rayons X, qui différencient mal les divers tissus mous, l'IRM a révélé la structure intime du cœur, d'autres muscles, des organes abdominaux, mais aussi, et surtout, du cerveau. « Le premier impact de l'IRM, c'est la vision qu'elle a donnée du système

01 Le 20 juillet 1977, l'américain Raymond Damadian (à gauche) affirme devant la presse que ce super-aimant peut renseigner sur l'intérieur du corps humain. Il est l'un des inventeurs de l'IRM.



© BETTMANN/CORBIS

nerveux central, avec sa substance blanche, sa substance grise, le liquide céphalorachidien, etc. », confirme Luc Darrasse, directeur de l'unité Imagerie par résonance magnétique médicale et multimodalités<sup>2</sup>, à Orsay, qui a fait partie de l'équipe ayant construit la première machine IRM dans l'Hexagone. Dans une moindre mesure, l'appareil a aussi permis de bannir les

interventions d'arthroscopie diagnostique, lors desquelles on incisait pour voir les dysfonctionnements d'une articulation.

Puis la tomographie par émission de positons (TEP), apparue en clinique il y a une quinzaine d'années, a complètement révolutionné le diagnostic en cancérologie grâce à son marqueur surnommé molécule du siècle : le glucose marqué au fluor radioactif ou FDG. « Celui-ci permet de réaliser l'imagerie de la plupart des tumeurs cancéreuses, qui se caractérisent par une forte consommation de glucose », explique François Brunotte, du Laboratoire d'électronique, d'informatique et d'image<sup>3</sup>, à Dijon. Si la TEP sert déjà à évaluer la malignité d'un foyer tumoral, elle n'en est cependant qu'à ses balbutiements : d'autres molécules radioactives sont déjà disponibles, tandis que des dizaines d'autres sont à l'étude dans le but de mieux caractériser chaque type de tumeur.

## LE CERVEAU MIS À NU

L'imagerie ne sert pas seulement à cartographier l'intérieur du corps : elle dévoile aussi le fonctionnement d'organes tels que le cerveau, dont elle a totalement bouleversé la vision traditionnelle. « Il y a encore vingt ans, on pensait que chaque zone du cerveau avait une fonction précise, comme l'aire de Broca et la fonction du langage, raconte Bernard Mazoyer, directeur du Centre d'imagerie-neurosciences et d'applications aux pathologies<sup>1</sup>, à Caen. Aujourd'hui, on sait que, pour chaque fonction, plusieurs aires s'activent en même temps en divers endroits. La difficulté est de comprendre lesquelles,

et avec quel tempo. » Pour lever le voile sur ce processus complexe, on utilise l'IRM dite fonctionnelle, qui permet de regarder localement le débit et l'état d'oxygénation du sang, l'activation d'une zone du cerveau provoquant un brusque afflux de sang oxygéné. Là où l'entreprise se corse, c'est que le cerveau est un organe qui se développe différemment chez chacun. Afin de faire la part entre ce qui est individuel et ce qui est commun à tous, l'équipe de Bernard Mazoyer vient de cartographier les dix fonctions principales chez 300 personnes – langage, mémoire, vision, calcul... –

et y a associé une batterie de tests psychométriques révélant les compétences de chacun, ainsi qu'une analyse du patrimoine génétique. Reste à exploiter les données recueillies pour mieux connaître la mécanique intime de la pensée humaine.

1. Unité CNRS/Université de Caen-Basse-Normandie/Université Paris-Descartes/CEA.

CONTACT :  
Bernard Mazoyer  
> mazoyer@cyceron.fr



À voir sur le journal en ligne : le film *Le Cerveau partagé*, avec Bernard Mazoyer.

## UNE VRAIE COMPLÉMENTARITÉ

Existe-t-il une technique supérieure aux autres ? « Loin d'être en concurrence les unes avec les autres, chaque modalité d'imagerie apporte une information différente et complémentaire », insiste Luc Darrasse. La TEP allume les zones ciblées

02



02 La tomographie à émission de positons (TEP) peut servir au suivi thérapeutique des maladies neurodégénératives.

par le radiotracteur sans donner d'informations spatiales précises, puisque l'anatomie (os, organes) n'y apparaît pas, un manque comblé par le scanner X et l'IRM. De son côté, l'échographie de nouvelle génération est capable de mesurer l'élasticité des tissus, une autre manière de caractériser les tumeurs cancéreuses. « *La tendance est de coupler plusieurs types d'imagerie pour cette raison* », confirme Isabelle Magnin. Différentes associations sont ainsi en cours d'élaboration ou de test.

### DES POSSIBILITÉS À EXPLORER

Si l'alliance est de mise, aucune des techniques existantes ne semble par ailleurs avoir épuisé ses possibilités individuelles. Grâce à la recherche et aux progrès de l'informatique, certaines devraient même effectuer rapidement de pas de géants. Isabelle Magnin prévoit ainsi « *un véritable foisonnement* » dans les vingt années à venir. Au menu, un essor de la mesure de certaines substances du corps, ou encore la contribution des technologies de l'imagerie pour soigner les maladies, à l'image des ultrasons utilisés pour brûler les tumeurs. Les chercheurs essaient aussi de mettre au point des marqueurs capables non seulement de visualiser les zones malades, mais aussi d'y acheminer les médicaments. Enfin, la simulation numérique rendra des services toujours plus précieux aux chirurgiens. Trente ans après l'apparition de l'IRM, l'imagerie médicale a encore de beaux jours devant elle.

1. Unité CNRS/Inserm/Université Lyon-I/Insa Lyon.
2. Unité CNRS/Université Paris-Sud-XI.
3. Unité CNRS/Université de Bourgogne.

#### CONTACTS :

**François Brunotte**  
> francois.brunotte@u-bourgogne.fr  
**Charles-André Cuenod**  
> ca@cuenod.net  
**Luc Darrasse**  
> luc.darrasse@u-psud.fr  
**Isabelle Magnin**  
> isabelle.magnin@creatis.insa-lyon.fr

# Explorer le corps grâce...

## ... AUX ULTRASONS (ÉCHOGRAPHIE)

**PRINCIPE** Des ultrasons sont projetés dans le corps et sont réfléchis différemment selon les tissus. C'est à partir de cet écho que l'image anatomique est réalisée. L'échographie peut aussi établir la vitesse d'écoulement des fluides, du sang par exemple.

**RÉSOLUTION** Inférieure au millimètre.

**APPLICATIONS** Imagerie de l'abdomen, des systèmes vasculaire et reproducteur, des muscles et tendons...

**AVANTAGES** Faible coût, portabilité, innocuité, temps réel.

**INCONVÉNIENTS** Manque de précision dans les régions profondes ou derrière de grandes masses hétérogènes (os, poumons), "opérateur-dépendante" : la réussite de l'examen dépend beaucoup du manipulateur.

**ÉVOLUTIONS** L'échographie en 3D offre un diagnostic plus précis. L'élastographie, qui permet de mesurer la viscosité des

tissus à l'aide d'ondes mécaniques, se développe également. Elle peut remplacer la palpation manuelle dans des régions inaccessibles. L'avenir s'ouvre aussi à l'échographie thérapeutique : des ondes acoustiques focalisées sont capables de détruire des tumeurs.



→ Échographie d'un fœtus en trois dimensions.

© GE MEDICAL SYSTEMS/SPL/CSOVIDS

## ... À LA RÉSONANCE MAGNÉTIQUE (IRM)

**PRINCIPE** Placés dans un champ magnétique puissant (de l'ordre de 1 tesla, soit 20 000 fois l'intensité du champ magnétique terrestre), les noyaux d'hydrogène que contient le corps humain s'alignent telles de petites boussoles. Sous l'effet de brèves impulsions d'ondes radio, ils basculent, puis se réalignent sans arrêt, en émettant à leur tour des ondes dont les caractéristiques dépendent des tissus. Ce sont ces ondes qui servent à construire l'image.

**RÉSOLUTION** De l'ordre du millimètre.

**APPLICATIONS** Imagerie de tous les tissus mous, notamment du système nerveux central (cerveau et moelle épinière). Les tissus contenant peu d'eau, comme l'os ou les poumons, sont moins visibles.

**AVANTAGES** Précision, innocuité, prises de vue dans toutes les orientations, 3D intrinsèque.

**INCONVÉNIENTS** Relative lenteur (une image en quelques minutes), coût élevé.

**ÉVOLUTIONS** L'IRM fonctionnelle (IRMf) est en plein essor. Elle permet d'observer non seulement

l'anatomie des organes, mais aussi leur activité. Son utilisation en neurologie est emblématique. La seconde grande évolution consiste en l'imagerie parallèle. Un réseau d'antennes (seize dans les appareils modernes), et non plus une seule antenne, émet et capte les ondes radio. L'image finale est reconstruite à partir de chaque antenne. Le temps d'acquisition passe alors à quelques secondes seulement.

→ Coupe sagittale du cerveau obtenue à partir d'une IRM.



**... AUX RAYONS X (RADIOGRAPHIE, SCANNER)**

**PRINCIPE** Des rayons X (des photons) sont projetés à travers le corps et interagissent avec les tissus. L'atténuation

→ En haut, à gauche, la radio d'une main d'enfant. À droite, une représentation du cœur vu au scanner 3D. En bas, à gauche, détection automatique de calcifications dans les artères coronaires.

des photons transmis dépend de la densité et du type de tissus traversés. Ce principe, utilisé en radiographie (la plus ancienne technique d'imagerie médicale) avec un film photosensible, est repris dans le scanner X avec un système de photodétecteurs tournant autour du patient : le corps est alors observé par tranches et peut être reconstruit en 3D.

**RÉSOLUTION** Inférieure au millimètre.

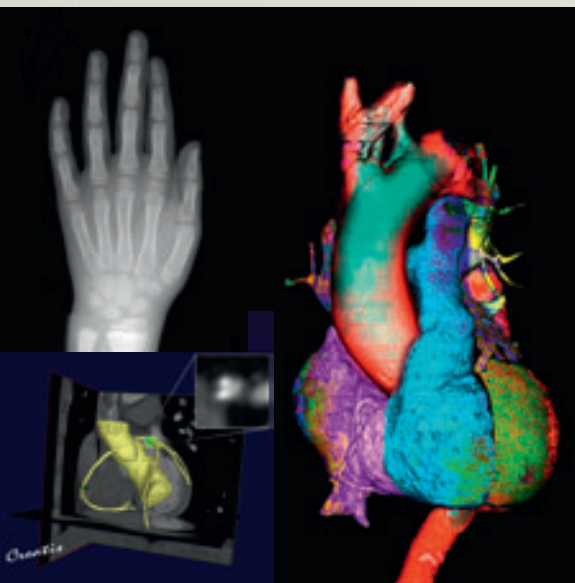
**APPLICATIONS** Imagerie des tissus denses, des os, des organes en mouvement (en synchronisation avec le cœur par exemple)... Les tissus mous sont moins bien définis.

**AVANTAGES** Sensibilité, rapidité (le corps entier peut être observé en plusieurs dizaines de seconde), coût moins élevé que l'IRM.

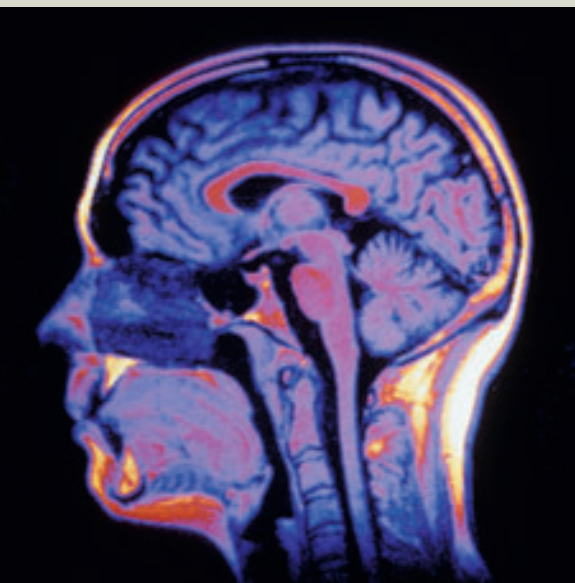
**INCONVÉNIENTS** Les rayons X sont nocifs pour la santé. Plus la résolution de l'image nécessite d'être élevée,

plus la dose reçue par le patient est importante.

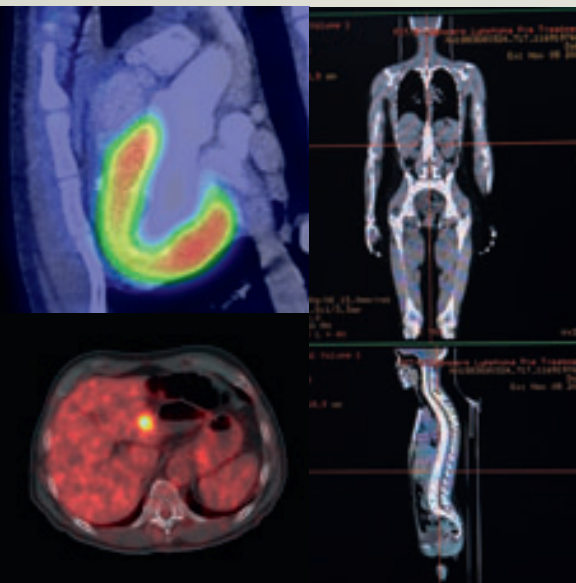
**ÉVOLUTIONS** Scanner à double énergie capable de réaliser deux images différentes en même temps, capteurs plans... Les machines évoluent. La réduction des doses de rayons X demeure cependant la première des préoccupations. Algorithmes de modulation de la dose selon la zone du corps traversée, amélioration des capteurs et perfectionnement du traitement des images sont autant de pistes explorées pour réduire les risques pour le patient.



© LIVING ART ENTREPRISES/BSIP, © M. A. ZULUAGA, E. DELGADO, M. ORMSZCINS PHOTO THEQUE



© E.A. CABANIS, E. MANUEL ALAIN/INSERM



© A. MARIQUE/IGIP CYCERON, © T. BOUAT, J. A. MANSION/BEZ/INM/CNRS PHOTO THEQUE, © B. RAJAUCNRS PHOTO THEQUE

**... AUX RADIOÉLÉMENTS (SCINTIGRAPHIE, TEP, ETC.)**

**PRINCIPE** Une substance radioactive, combinant le plus souvent un radioélément (iode 123, technétium 99, fluor 18...) à une molécule vectrice, est injectée au patient. Ce traceur, qui va s'accumuler dans l'organe cible, émet soit directement des rayonnements gamma (scintigraphie, tomographie par émission monophonique dite TEMP), soit des positons (TEP), qui eux-mêmes se décomposent en photons gamma. Ce rayonnement,

révélateur de l'activité de l'organe, peut être détecté et permet de construire une image.

**RÉSOLUTION** Quelques millimètres.

**APPLICATIONS** Détection des tumeurs en fonction de leur consommation de sucre, analyse de l'activité cérébrale, marquage de l'air respiré par le patient en pneumologie...

**AVANTAGES** Très sensible, technique d'imagerie fonctionnelle par nature.

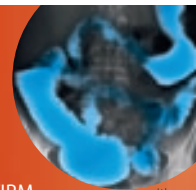
**INCONVÉNIENTS** Coût élevé, lenteur (une image en plusieurs minutes), produits radioactifs.

**ÉVOLUTIONS** Ces dernières années, des sources de rayonnement gamma compactes et portables ont été mises au point. Par ailleurs, la TEP commence à être associée à d'autres techniques comme le scanner X (TEP-SCAN) ou l'IRM (TEP-IRM). L'image à haute résolution du scanner ou de l'IRM est alors combinée à l'image fonctionnelle de l'organe obtenue grâce à la TEP.

→ Visualisation de cellules du myocarde (en haut, à gauche), d'une tumeur hépatique (en bas, à gauche) et recherche de cellules cancéreuses (à droite).

**LES AGENTS DE CONTRASTE**

Microbulles de gaz pour l'échographie, iode ou baryum (visible ici sur la photo en bleu) pour le scanner X, gadolinium pour l'IRM... Aujourd'hui, toutes les techniques d'imagerie médicale peuvent être améliorées grâce à des substances appelées agents de contraste. Injectés au patient, ils augmentent la précision du résultat et peuvent aussi fournir des informations sur l'activité des organes pour des techniques normalement orientées vers l'imagerie anatomique.



© S. CAMAZINE/PHOTOTAKE

# Ce qui va sortir des labos

**L'imagerie a plus d'une corde à son arc.** Si elle reste évidemment en première ligne pour le diagnostic médical, elle est également d'une grande aide dans le choix des traitements. Et, désormais, elle intervient même au cœur du processus thérapeutique. Dans les laboratoires, les chercheurs rivalisent d'ingéniosité pour qu'elle soit de plus en plus utile tout au long du parcours des patients. Voici quelques exemples.

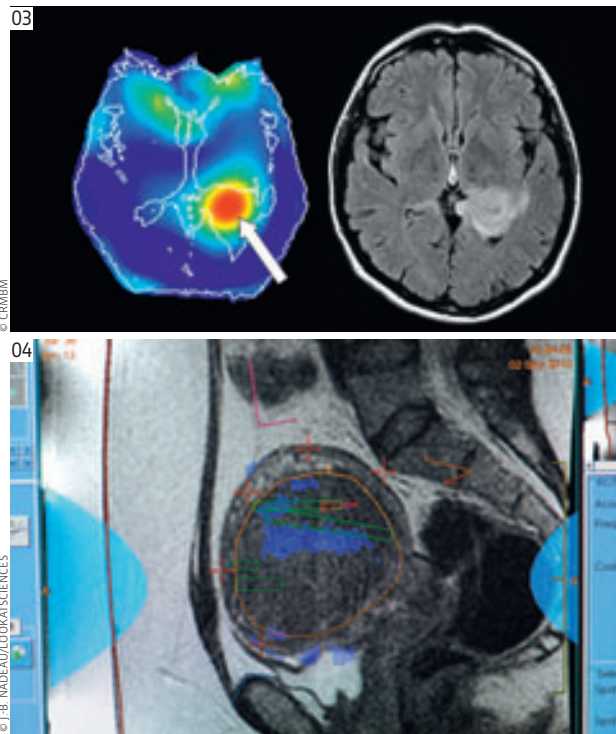
## L'AIDE AU DIAGNOSTIC

L'imagerie devrait tout d'abord tirer grand bénéfice de la vague des nanotechnologies. Ainsi, en IRM, l'injection au patient de nanoparticules d'oxyde de fer va permettre de diagnostiquer et de localiser sans erreur possible une tumeur hépatique. « Une fois dans le sang, les nanoparticules sont immédiatement reconnues comme des corps étrangers par l'organisme, qui les redirige aussitôt vers le foie, l'organe filtre par excellence », explique Patrick Couvreur, qui mène activement ces recherches au cœur de l'unité Physico-chimie, pharmacotechnie, biopharmacie<sup>1</sup>, à Châtenay-Malabry. Elles sont absorbées par les cellules saines du foie et ignorées par les cellules tumorales qui, déficientes, ne jouent plus leur rôle de filtre. On obtient alors une image en négatif de la tumeur.

**03 Le sodium, qui s'est accumulé ici au sein d'une lésion de sclérose en plaques (flèche), est un marqueur de la souffrance cellulaire.**  
**04 Les ultrasons peuvent servir à brûler des fibromes utérins.**

La spectroscopie de résonance magnétique, très usitée aujourd'hui dans les laboratoires, est une autre façon innovante d'employer l'IRM pour le diagnostic des désordres métaboliques. « On continue d'utiliser les caractéristiques magnétiques du noyau d'hydrogène, sauf qu'il ne s'agit plus de l'hydrogène de l'eau, mais de celui des autres substances pré-

sentes dans l'organisme, qu'on va pouvoir quantifier de cette façon », détaille Jean-Philippe Ranjeva, du Centre de résonance magnétique biologique et médicale<sup>2</sup>, à Marseille. Ainsi, dans le cerveau, un taux de NAA (N-acétylaspartate) plus faible que la moyenne statistique, assorti d'une hausse du taux de myo-inositol, révèle une maladie d'Alzheimer. Ces recherches, menées en partie par l'équipe de Jean-Philippe Ranjeva, devraient révolutionner le diagnostic de cette maladie dans les prochaines années. D'autres substances, telles que la créatine et la choline, sont de bons indicateurs de la prolifération cellulaire et membranaire et d'une possible tumeur cérébrale. « La spectroscopie par IRM permet de faire une biopsie du cerveau non invasive et non traumatique », souligne Jean-Philippe Ranjeva.



## VALIDER LES TRAITEMENTS

Au-delà du diagnostic, l'imagerie sert à valider ou invalider l'efficacité d'une thérapie en mettant très rapidement en évidence ses effets au niveau cellulaire, ouvrant ainsi la voie à une véritable médecine personnalisée. Ainsi, le glucose marqué au fluor 18 (FDG) utilisé en imagerie TEP permet de caractériser l'évolution du métabolisme d'une tumeur cancéreuse avant même que sa taille ne se modifie de façon détectable au scanner ou à l'IRM. « Auparavant, on faisait un scanner de contrôle plusieurs semaines, voire plusieurs mois, après le début du traitement choisi – radiothérapie, chimiothérapie –, afin de déterminer

## ET L'IMAGE DEVIENT ANIMÉE...

**05 Images IRM du cœur lors de trois phases de la systole correspondant à l'éjection du sang dans l'organisme.**

Passer de la photo au film en trois dimensions : telle est l'ambition des scientifiques pour certaines techniques d'imagerie. Les applications sont innombrables, du repérage d'anomalies dans le système

cardio-vasculaire à la prise en compte des mouvements provoqués par la respiration lors d'une radiothérapie de tumeurs pulmonaires. L'imagerie animée ne date pas d'hier : « En radiographie, grâce à

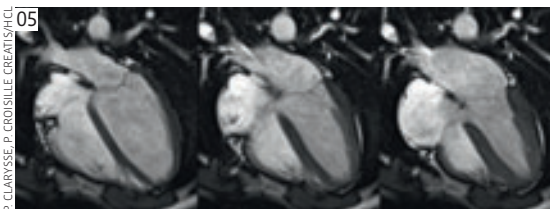
l'utilisation d'un agent de contraste iodé, on peut suivre les battements du cœur à 25 images par seconde », rappelle Patrick Clarysse, du laboratoire Creatis. Mais il s'agit d'une imagerie de projection en deux dimensions. Aujourd'hui, les modalités tomographiques (scanner X, IRM, ultrasons et imagerie nucléaire) permettent de reconstruire des images en 3D. Problème : en IRM, par exemple, les signaux sont envoyés toutes les 600 millisecondes et ne

correspondent pas forcément au tempo des mécanismes observés. Le cycle cardiaque s'effectue ainsi en un peu moins d'une seconde. « Les images ne sont pas acquises en temps réel, mais reconstituées a posteriori », note Patrick Clarysse, qui travaille sur ce sujet. Il faudra une quinzaine de pulsations cardiaques pour reconstituer une séquence d'images complète.

**CONTACT :**  
Patrick Clarysse  
> [patrick.clarysse@creatis.insa-lyon.fr](mailto:patrick.clarysse@creatis.insa-lyon.fr)

### TOMOGRAPHIE

Reconstruction en 3D d'un objet à partir d'une série de projections en 2D acquises sous différents angles de vue.



si celui-ci avait un impact sur la tumeur visée, explique Irène Buvat, du laboratoire Imagerie et modélisation en neurobiologie et cancérologie<sup>3</sup>, à Orsay. *Aujourd'hui, dès quinze jours après le début du traitement, on peut évaluer son impact et adapter les modalités thérapeutiques si nécessaire. Le temps gagné est précieux dans le cas de cancers à évolution rapide.* » Avec son équipe, la scientifique tente d'améliorer les méthodes d'exploitation des images de TEP. Le but : en extraire les infos les plus précises sur l'agressivité d'une tumeur ou encore la manière dont celle-ci réagit au traitement.

## DES IMAGES QUI SOIGNENT

Dernier bouleversement, et non des moindres, les techniques d'imagerie telles que l'échographie deviennent désormais des outils thérapeutiques à part entière. Alternative à la chirurgie et à la radiothérapie découverte dans les années 1990, les ultrasons focalisés brûlent littéralement

▶ Avoir sur le journal en ligne : le film *Le Corps en transparence*, avec Mathias Fink et Mickaël Tanter.

une tumeur à distance et commencent à être utilisés en clinique, en particulier pour le traitement des cancers de la prostate ou des fibromes utérins bénins. Le principe est le même que lorsqu'on focalise la lumière avec une lentille. Le cône d'ultrasons fait monter en température le tissu ciblé, jusqu'à 50 ou 60 degrés, et détruit le tissu malade. Pour être sûr de ne pas endommager de tissu sain autour de la tumeur, les ultrasons sont généralement guidés par IRM.

Seul inconvénient de cette modalité : ces ondes de pression sont perturbées par les os, ce qui rend difficile l'intervention sur une tumeur au cerveau, par exemple. Pour résoudre ce problème, les chercheurs de l'Institut Langevin ondes et images<sup>4</sup>, à Paris, dirigé par Mathias Fink, colauréat au printemps dernier de la première médaille de l'innovation du CNRS, ont décidé de prendre la difficulté à l'envers avec leur "échographe à retournement temporel" : « *On fait émettre une*

06 **Télémanipulation d'un robot utilisé notamment pour la chirurgie dite transluminale, dans laquelle les outils sont conduits par les orifices et les voies naturelles du corps.**

## DES YEUX POUR LES ROBOTS

C'est la petite nouvelle des salles d'opération : la robotique guidée par imagerie relaie de plus en plus la main du praticien, qu'il soit chirurgien ou radiothérapeute. L'utilisation d'un bras robotisé présente de multiples avantages. « *Elle garantit la précision et la reproductibilité du geste et, grâce à l'imagerie, on est sûr que le robot ne dérape pas hors de la zone d'intervention* », explique Michel de Mathelin, qui mène des recherches sur ce thème au Laboratoire des sciences de l'image, de l'informatique et de la télédétection<sup>5</sup>, à Illkirch. Mais l'assistant robotique ne sert pas qu'à soigner plus efficacement le patient, il protège également le médecin en évitant de trop exposer sa main aux radiations : « *Aujourd'hui, les interventions percutanées comme les infiltrations, certaines biopsies, les ablations tumorales par radiofréquence ou encore les vertébroplasties sont fréquemment réalisées sous contrôle d'un appareil à rayons X afin d'atteindre au mieux la cible, précise le chercheur, ce qui signifie que le praticien accumule des doses de rayons X médicaux, qui sont nocifs à haute dose.* »

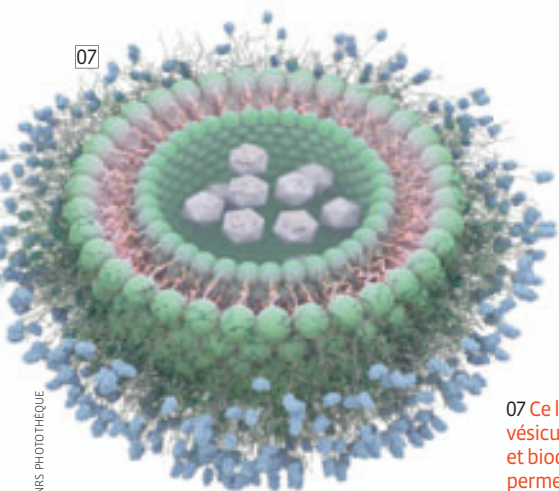
1. Unité CNRS/Université de Strasbourg/Insa Strasbourg.

CONTACT :  
**Michel de Mathelin**  
> demathelin@lsiiit-cnrs.unistra.fr



06

# Simuler pour mieux soigner



07

**07 Ce liposome, vésicule artificielle et biodégradable, permet d'encapsuler un médicament dont la délivrance dans le corps sera commandée par ultrasons.**

onde à partir de l'endroit où se trouve la tumeur, puis on enregistre le signal reçu au niveau de la boîte crânienne et on la renvoie à l'envers vers la tumeur », indique Mickaël Tanter, responsable de l'équipe développant ce système de thérapie transcrânienne.

Mais les ultrasons focalisés ne se substituent pas seulement à la radiothérapie. Ils servent également à libérer un médicament au plus près de la tumeur, limitant ainsi les dégâts collatéraux de la chimiothérapie sur le reste de l'organisme. « Pour ce faire, le médicament est encapsulé dans un nanovéhicule thermosensible tel qu'un liposome et envoyé dans le système sanguin. Les ultrasons, en faisant légèrement monter la température au niveau de la tumeur, jusqu'à 41-42 degrés, font exploser le nanovéhicule qui libère alors la molécule thérapeutique », détaille Chrit Moonen, directeur de recherche au laboratoire d'Imagerie moléculaire et fonctionnelle de Bordeaux<sup>5</sup>. « On en est encore à l'âge de pierre des ultrasons dans la pharmacologie », ajoute le chercheur, qui prédit de nombreux développements à cette vieille technologie.

1. Unité CNRS/Université Paris-Sud-XI.
2. Unité CNRS/Université de la Méditerranée.
3. Unité CNRS/Université Paris-Sud-XI/ Université Paris-Diderot.
4. Unité CNRS/ESPCI ParisTech/UPMC/ Université Paris-Diderot/Inserm.
5. Unité CNRS/Université Bordeaux-Segalen.

#### CONTACTS :

**Irène Buvat**  
> [buvat@imnc.in2p3.fr](mailto:buvat@imnc.in2p3.fr)  
**Patrick Couvreur**  
> [patrick.couvreur@u-psud.fr](mailto:patrick.couvreur@u-psud.fr)  
**Chrit Moonen**  
> [c.moonen@imf.u-bordeaux2.fr](mailto:c.moonen@imf.u-bordeaux2.fr)  
**Jean-Philippe Ranjeva**  
> [jp.ranjeva@univmed.fr](mailto:jp.ranjeva@univmed.fr)  
**Mickaël Tanter**  
> [mickael.tanter@espci.fr](mailto:mickael.tanter@espci.fr)

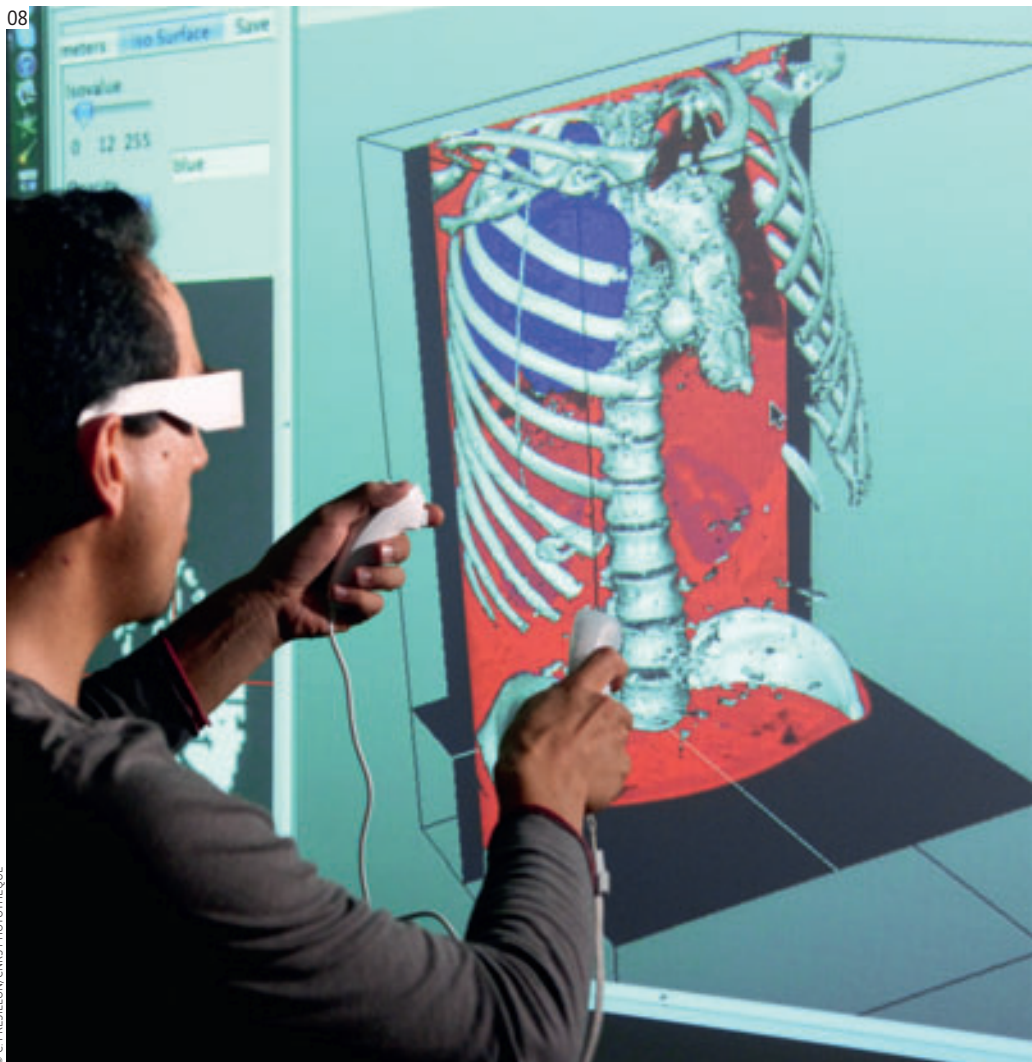
**C**hacun de nous disposera-t-il bientôt d'un double virtuel qui pourra tester des médicaments à sa place et servira aux chirurgiens à simuler une opération avant de la réaliser "pour de vrai" ? Fascinante perspective que cet avatar numérique ! Mais d'une telle complexité à mettre au point qu'il restera longtemps cantonné au domaine de la science-fiction. Il n'empêche, l'ère du patient numérique a bel et bien commencé. La modélisation du cœur, destinée, entre autres, à tester informatiquement la pose d'un pacemaker, avance à grands pas. La coloscopie virtuelle, grâce à laquelle on

explore le côlon reconstruit en 3D à partir d'images scanner ou IRM, donc sans avoir besoin d'anesthésier le patient, est déjà une réalité. Même si l'interprétation des images obtenues *via* cette technique reste compliquée. Ce souci est d'ailleurs récurrent en matière d'imagerie. C'est pourquoi les scientifiques travaillent d'arrache-pied sur des outils numériques capables d'aider les praticiens.

#### IDENTIFIER LES PATHOLOGIES

Laurent Cohen, du Centre de recherche en mathématiques de la décision<sup>1</sup>, à Paris, développe, par exemple, des outils

08



© C. FRÉLILLON/CNRS PHOTO THÉQUE





permettant aux radiologues d'isoler en quelques clics des vaisseaux dans des images IRM et de les visualiser sous tous les angles. Cette application est très précieuse pour « *estimer la gravité d'un anévrisme [dilatation d'une artère] ou d'une sténose [rétrécissement] en cas d'accident cardiovasculaire* », précise le mathématicien. Autre illustration : les travaux qui consistent à élaborer des méthodes performantes de détection et d'analyse de modifications de structures anatomiques dans les images IRM du cerveau, en particulier celui du fœtus et de l'enfant. De quoi faciliter « *l'identification de pathologies comme la ventriculomégalie,*

*une taille anormale des ventricules du cerveau* », se félicite François Rousseau, qui mène ces travaux au Laboratoire des sciences de l'image, de l'informatique et de la télédétection<sup>2</sup>, à Illkirch. Ces méthodes permettent aussi de « *modéliser la maturation cérébrale, normale ou pathologique chez le fœtus* », ajoute le chercheur. Mais elles concernent également les maladies neurodégénératives (Alzheimer, Parkinson, sclérose en plaques...).

### FACILITER LES OPÉRATIONS

Enfin, faire appel à la simulation dans le domaine des actes chirurgicaux, rien de tel pour aider un clinicien à planifier ses gestes et à anticiper leurs conséquences. Ainsi, avant une opération délicate telle celle visant à corriger des anomalies du

maxillaire et de la mandibule, simuler chaque étape de l'intervention permet de répondre à des questions comme : « *Si je découpe et repositionne tels fragments osseux à tel endroit, quelle conséquence cela va-t-il avoir sur la façon de parler du patient, sur l'esthétique de son visage, sur ses capacités de mastication, etc.?* »

### LE RÔLE CLÉ DES MATHÉMATIQUES

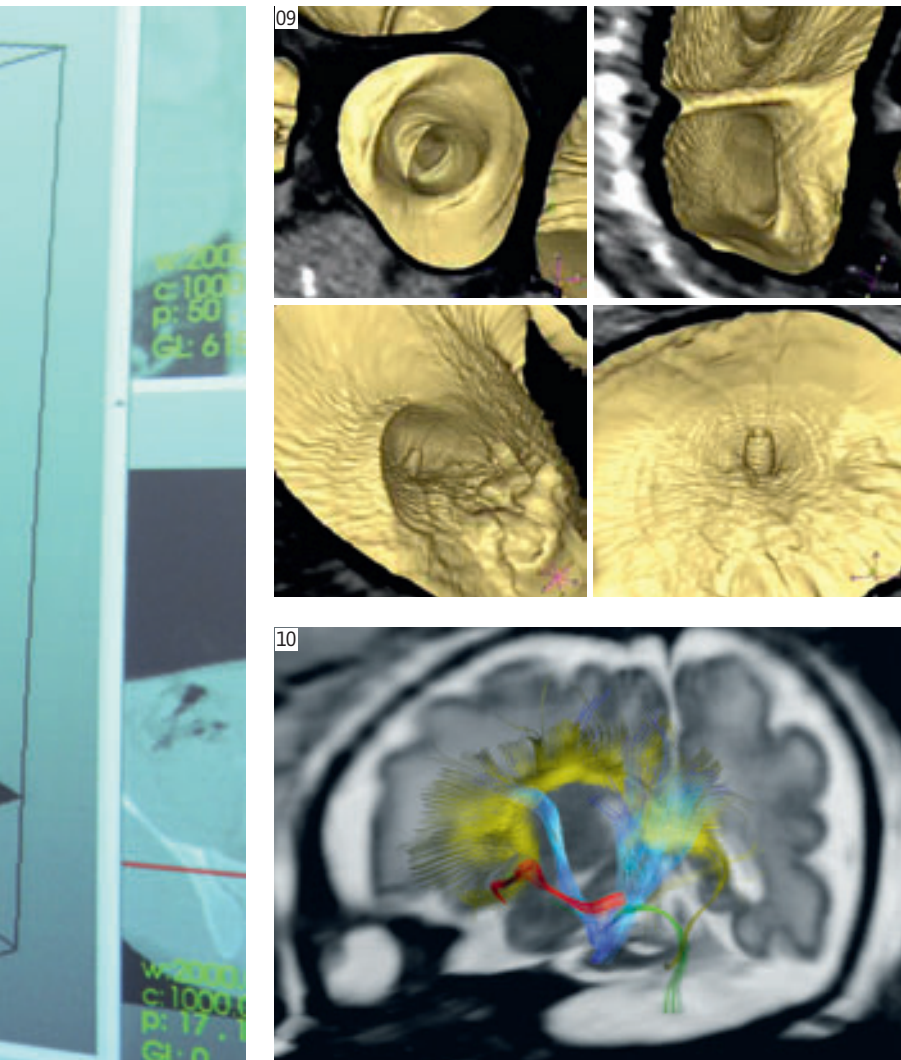
Si les images scanner, IRM, TEP, etc. ont métamorphosé la pratique médicale, les mathématiques et l'informatique y sont pour beaucoup. Qu'il s'agisse de passer du signal brut issu des systèmes d'acquisition à des images numériques interprétables par le médecin, d'améliorer le contraste ou de diminuer le bruit de ces images, ou encore d'en extraire automatiquement des organes particuliers, des pathologies comme des tumeurs, toutes ces étapes exigent de concevoir des modèles mathématiques, de les rendre opérationnels dans des algorithmes de traitement et de faire mouliner de puissants ordinateurs. « *Ces thèmes de recherche, bien que déjà anciens, suscitent toujours beaucoup de travaux pour fournir des outils en adéquation avec les attentes des médecins,* remarque Isabelle Bloch, du Laboratoire traitement et communication de l'information<sup>3</sup>, à Paris. *Celles-ci sont terriblement concrètes : comment détecter un tissu malin ? comment quantifier sa dangerosité pour le patient ? Il faut alors arriver à collecter des propriétés sur les images, qu'elles soient morphologiques (taille et forme d'une tumeur), densitométriques (opacité ou niveau de gris des tissus), etc., puis à les associer au sein de formulations mathématiques qui conduiront à des décisions raisonnées de la part des médecins. Tous les patients, donc tous leurs organes, étant différents, d'importants progrès ont été accomplis ces dernières années dans la modélisation de cette variabilité.* » À l'avenir, une meilleure prise en compte dans les équations de la complexité de l'agencement des organes et des tissus devrait permettre à l'imagerie de fournir une aide encore plus performante à l'élaboration d'un diagnostic, au suivi des patients et à la prise de décision médicale.

1. Unité CNRS/Télécom ParisTech.

CONTACT :

Isabelle Bloch

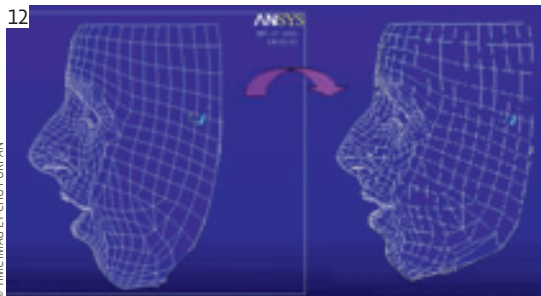
> [isabelle.bloch@telecom-paristech.fr](mailto:isabelle.bloch@telecom-paristech.fr)



© T. DESCHAMPS ET L. COHEN/CEREMADE

08 Les techniques de réalité dite augmentée permettent de visualiser de manière interactive les images en 3D. 09 Ces images sont extraites d'une coloscopie virtuelle. Le côlon étant reconstruit en 3D uniquement à partir d'images scanner ou IRM, le geste invasif est évité. 10 Grâce à l'IRM de diffusion, on visualise ici les faisceaux de substance blanche du cerveau d'un fœtus.

© F. ROUSSEAU, E. OUBEL/CNRS PHOTO THEQUE



© TIMCIMAG ET CHU PURPAN

11 Avant l'intervention sur la mâchoire du patient (à gauche), ses structures osseuses sont étudiées au scanner, puis le résultat du geste de découpe et de déplacement des os est simulé (en violet). 12 Modélisation de l'influence de la découpe osseuse sur les muscles attachés à la peau.

énonce Jocelyne Troccaz, du laboratoire Techniques de l'ingénierie médicale et de la complexité-Informatique, mathématiques et applications de Grenoble<sup>3</sup>. Pour ce faire, son équipe construit un modèle en 3D à partir d'images scanner ou IRM en y intégrant le maximum de données biomécaniques personnalisées (structures osseuses, principaux muscles, autres tissus mous...).

« Plus ces données sont précises, plus le modèle est prédictif », souligne la chercheuse, dont la méthode est aussi mise à profit par les urologues pour faciliter le placement, dans la prostate, de grains radioactifs à l'aide d'aiguilles afin de détruire les zones cancéreuses. « Ces aiguilles, quand on les introduit, se déforment et font bouger la prostate, dit-elle. Nos modèles doivent servir à anticiper les déplacements de la glande et à mieux atteindre la cible. » Nul doute que, dans les prochaines années, le mariage du virtuel et de l'imagerie médicale ne donne naissance à bien d'autres applications.

1. Unité CNRS/Université Paris-Dauphine.

2. Unité CNRS/Université de Strasbourg/Insa Strasbourg.

3. Unité CNRS/Université Joseph-Fourier/VetAgro Sup.

#### CONTACTS :

**Laurent Cohen**

> [cohen@ceremade.dauphine.fr](mailto:cohen@ceremade.dauphine.fr)

**François Rousseau**

> [rousseau@unistra.fr](mailto:rousseau@unistra.fr)

**Jocelyne Troccaz**

> [jocelyne.troccaz@imag.fr](mailto:jocelyne.troccaz@imag.fr)

# L'imagerie face à l'éthique

**S**i l'imagerie est au premier plan dans le paysage de la médecine actuelle, son essor draine aussi son lot de questionnements éthiques. Car, si elle reste avant tout une aide indispensable au diagnostic, elle montre parfois plus de choses qu'elle ne devrait, n'est pas exempte de risques pour la santé des patients, soulève des problèmes de confidentialité des données... Et remet même en question notre rapport au corps.

## DES CRAINTES ANCIENNES

Dès leur découverte, en 1895, les rayons X, en permettant à l'homme de « contempler son squelette de son propre vivant », selon l'expression de David Le Breton, du laboratoire Cultures et sociétés en Europe<sup>1</sup>, à Strasbourg, firent l'objet de démonstrations enthousiastes dans des grands magasins, des cafés, des théâtres, etc.

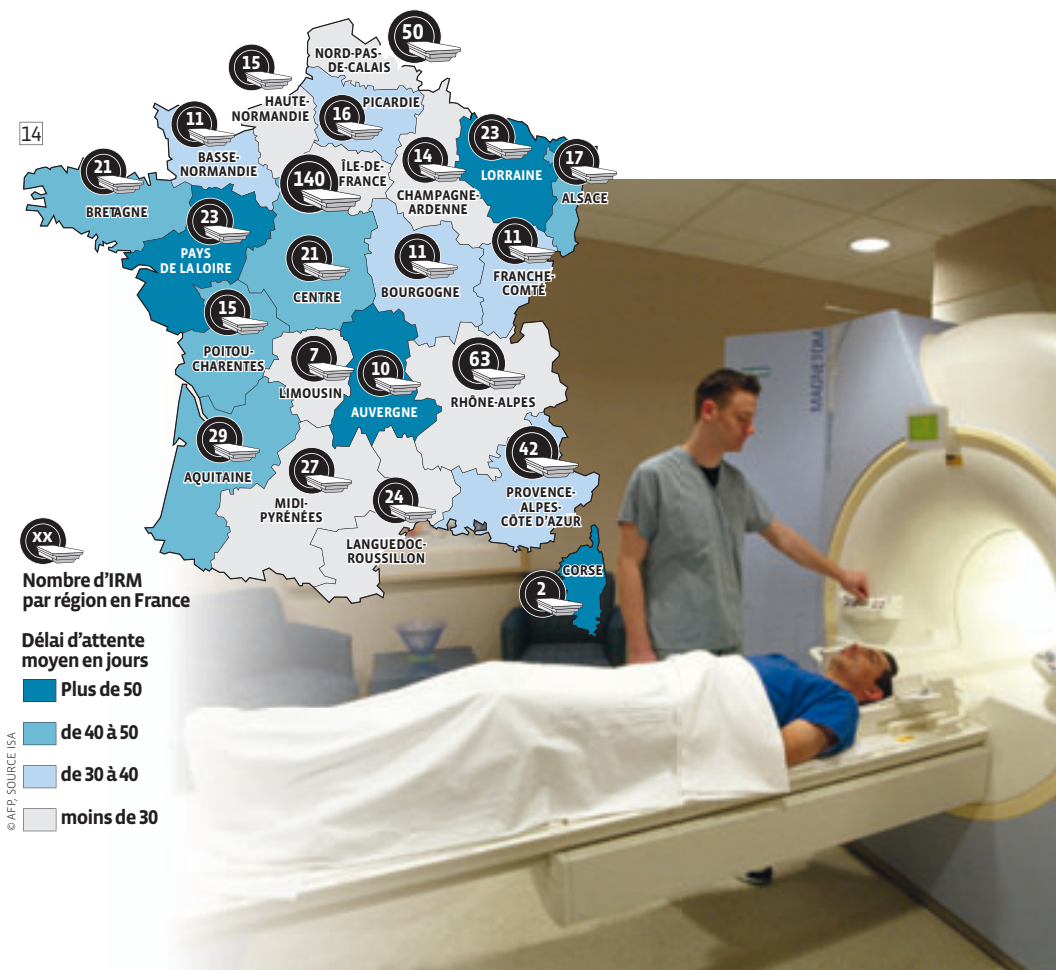
Dans le même temps, « la transparence des corps » rendue possible par l'invention de Röntgen fit craindre à de nombreux commentateurs que l'on n'aboutisse à « un surplus de nudité entraînant la dissolution des mœurs, poursuit l'anthropologue. À la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, le fantasme régna que toute intimité allait disparaître, à tel point que l'on alla jusqu'à vendre des vêtements à l'épreuve des rayons X pour sauvegarder la pudeur des femmes! »

De telles peurs font aujourd'hui sourire, même si la banalisation de la radiologie, qui « supprime l'écran de la peau », n'a pas totalement éteint la fascination mêlée de répulsion que provoque chez certains « la révélation de leurs entrailles d'ordinaire invisibles », note David Le Breton. De même, l'imagerie médicale a accentué la distance entre le spécialiste « possesseur d'un savoir ésotérique qu'il



© SWIM INK 2, LLC/CORBIS

13 Les rayons X fascinent le grand public dès leur découverte, comme le prouve cette illustration de 1900.



peine à partager » et un usager tenaillé par l'angoisse du diagnostic. D'où l'importance pour les hommes de l'art qui font face à des images de plus en plus sophistiquées de ne pas oublier de regarder leurs patients.

### COMMENT INFORMER LE PATIENT ?

Autre question déontologique posée aux médecins : quelle attitude adopter quand un examen permet de détecter une maladie alors que le patient ne souffre d'aucun trouble et qu'il n'existe aucun traitement efficace ? « Pour ma part, quand une IRM met, par exemple, en évidence de petites lésions de la substance blanche du cerveau, une anomalie habituellement assez bénigne, mais que l'on soupçonne d'être associée, dans certains cas, à la survenue de démences comme la maladie d'Alzheimer, je le signale dans mon compte rendu, mais je me garde de toute interprétation excessive pour ne pas affoler le patient », répond Vincent Dousset, chef du service de neuroimagerie diagnostique et thérapeutique du CHU de Bordeaux et directeur du Laboratoire d'excellence Trailbio. Celui-ci s'inquiète par ailleurs des

14 La pénurie d'équipements IRM pose problème en France. En Corse, en Lorraine, en Auvergne et dans les Pays de la Loire, le délai moyen pour passer un examen dépasse 50 jours.

risques de piratage du secret médical liés à l'intrusion de l'informatique dans toutes les composantes de l'imagerie médicale et, surtout, de la propension de certains acteurs économiques (banques, assurances, etc.) à réserver des prestations aux seules personnes pouvant justifier de leur bon état de santé par un scanner ou une IRM.

### LES RISQUES D'IRRADIATION

Font également problème certains effets secondaires de l'imagerie. Ainsi, les rayonnements ionisants du scanner sont susceptibles de provoquer des cancers à long terme. Mais, pour les médecins, habitués à examiner la balance coûts/bénéfices des examens ou des traitements, ce risque reste bien inférieur au gain immédiat en matière de diagnostic.

Cependant, à en croire l'Autorité de sûreté nucléaire, l'exposition de la population aux radiations ionisantes au cours d'examens d'imagerie médicale aurait ainsi augmenté de 47% en cinq ans, un souci majeur pour le gendarme du nucléaire. L'une des raisons tient à la pénurie d'équipements IRM qui, eux, n'irradient

pas. Avec 592 appareils, l'Hexagone ne dispose que de 9,5 IRM par million d'habitants, et occupe, en Europe, l'avant-dernière place, devant la Turquie. Résultat : faute d'IRM disponible en urgence ou même dans un délai raisonnable, beaucoup d'examens sont réalisés par défaut au scanner.

« L'objectif doit être de remplacer le scanner par l'IRM chaque fois que cela est possible, commente Vincent Dousset. Mais déclarer sur un ton dogmatique que, demain, il ne faut plus faire de scanner, est déraisonnable. Il existe en effet des indications pour lesquelles le scanner est l'examen le plus informatif, comme l'exploration du thorax, de l'abdomen et du pelvis en cancérologie. »

1. Unité CNRS-Université/Université de Strasbourg.

#### CONTACTS :

**Vincent Dousset**  
> [vincent.dousset@u-bordeaux2.fr](mailto:vincent.dousset@u-bordeaux2.fr)  
**David Le Breton**  
> [dav.le.breton@orange.fr](mailto:dav.le.breton@orange.fr)

## Pour en savoir +

### À VOIR |

**Os en vues**  
(2011, 12 min), réalisé par Marcel Dalaise, produit par CNRS Images  
> <http://videothèque.cnrs.fr>

**Une sélection photo sur l'imagerie biomédicale**  
> <http://photothèque.cnrs.fr>

### À FAIRE |

**Combattre le cancer : nouvelles approches, nouveaux outils**  
*L'héritage de la physique nucléaire*  
Une exposition CNRS/IN2P3 visible :  
> du 1<sup>er</sup> au 30 novembre à la Galerie du CNRS, rue Michel-Ange, à Paris (75)  
> du 3 octobre au 30 décembre au Laboratoire de l'accélérateur linéaire, au Centre scientifique d'Orsay (91)  
> du 12 au 14 octobre au Centre de physique des particules de Marseille (13)  
Et dans d'autres lieux à consulter sur :  
> <https://sites.google.com/site/exposantein2p3/>

**Histoire** Cette spécialiste du textile et des teintures naturelles, dont le travail est mondialement reconnu, vient de recevoir la médaille d'argent du CNRS.

# Dominique Cardon fait parler les tissus

PAR STÉPHANIE ARC

« **Dès l'enfance, j'ai été fascinée par les couleurs, dans la nature ou sur les tissus, et j'ai voulu comprendre comment elles apparaissaient** », confie en souriant Dominique Cardon, du Centre interuniversitaire d'histoire et d'archéologie médiévales (Ciham)<sup>1</sup>, à Lyon, qui vient de décrocher la médaille d'argent du CNRS pour ses travaux sur l'histoire et l'archéologie du textile et sur les teintures naturelles.

## DE SOLIDES BASES TECHNIQUES

Haut en couleur, le parcours de cette directrice de recherche, dont le travail a déjà été maintes fois récompensé<sup>2</sup>, l'est indéniablement. Puisque, entre sa licence d'Histoire à la Sorbonne, en 1968, et son entrée au CNRS, il s'est écoulé... vingt-trois ans. Vingt-trois ans de « *recherches en archives et sur le terrain, en Irlande, au Pérou, en Amazonie...* », précise la chercheuse, durant lesquelles elle a accumulé des mètres cubes de documentation et d'échantillons de fibres, de textiles et de colorants naturels. Elle explique : « *J'ai voulu acquérir des bases techniques dans toute la filière textile auprès des rares personnes qui pratiquaient encore le filage, le tissage et la teinture avec des méthodes et un outillage traditionnels proches de ceux des travailleurs du textile de l'Europe médiévale.* »

Tout en cultivant une collection de plantes tinctoriales dans le mas familial, perché dans la montagne cévenole, Dominique Cardon valorise les fruits de ses expériences

*Durant son parcours, elle accumule des mètres cubes de documentation, de fibres et de colorants naturels.*

auprès de l'industrie de la haute couture : ses tweeds multicolores figurent dans deux collections de la maison Chanel. Elle crée aussi, avec la PME Serica, une collection de soieries en teintures naturelles<sup>3</sup>. Et publie déjà plusieurs livres sur les teintures naturelles, dont un premier ouvrage de synthèse interdisciplinaire qui lui gagnera un lectorat fidèle<sup>4</sup>.

En 1991, quinze jours après la soutenance de sa thèse sur l'industrie de la draperie médiévale, Dominique Cardon se présente au concours de recrutement du CNRS. « *C'était le début d'une nouvelle vie de recherche, avec des moyens et des possibilités de collaborations interdisciplinaires sans commune mesure avec ceux que j'avais connus auparavant* », se souvient-elle. Elle intègre alors l'équipe lyonnaise du Ciham, dont elle partage l'approche : « *la mise en synergie de tous les types de sources, au service de l'Histoire* ».

Aujourd'hui, Dominique Cardon mène de front ses trois domaines de recherche. Elle prépare le tome II de sa saga sur la technologie de la draperie

médiévale, « *qui montrera les étonnantes avancées faites alors dans l'apprêt des draps et leur teinture* ». Côté archéologie des textiles, elle se consacre principalement aux tissus et aux restes de vêtements découverts dans le désert oriental d'Égypte, dans les dépotoirs d'une série de forteresses romaines qui, durant les trois premiers siècles de notre ère, assuraient l'approvisionnement en eau et la sécurité des routes de caravanes et des mines<sup>5</sup>.

## DES TROUVAILLES ÉTONNANTES

« *Nous travaillons, la restauratrice textile qui me seconde et moi-même, dans des conditions très difficiles, sur les sites comme au magasin des antiquités de Haute-Égypte. L'approvisionnement en eau est problématique, il faut bricoler soi-même les installations...* » Mais, se réjouit la chercheuse, « *ces milliers de chiffons représentent un échantillonnage incroyablement varié des textiles qui circulaient à l'époque dans le monde méditerranéen. Ils nous mettent sous les yeux les différences radicales dans l'organisation de la production textile, entre le monde antique et l'Europe médiévale* ». Grâce à une collaboration établie de longue date avec le chimiste Witold Nowik, du Laboratoire de recherche des monuments historiques, spécialiste de l'analyse des colorants, Dominique Cardon perce les secrets de ces teintures. « *Nous sommes*



## DOMINIQUE CARDON EN 5 DATES

1947	Naissance à Paris
1990	Doctorat d'Histoire à l'université Paul-Valéry-Montpellier-III
1991	Entrée au Centre interuniversitaire d'histoire et d'archéologie médiévales
2003	Prix Art et science de la couleur de la Fondation L'Oréal pour l'ouvrage <i>Le Monde des teintures naturelles</i>
2011	Médaille d'argent du CNRS

en train de déconstruire, à la lumière de nos résultats, le mythe de la pourpre de muricidés, une teinture considérée comme hors de portée des classes moyennes, indique-t-elle. Elle n'a pourtant pas dû être si inaccessible, puisque les colorants de la pourpre ont été identifiés sur des textiles de toutes les forteresses où nous avons travaillé. »

Enfin, cette experte reconnue en colorants naturels sillonne le monde, de congrès scientifiques – elle était récemment directrice scientifique du congrès Isend 2011 Europe à La Rochelle<sup>6</sup> – en programmes de recherche, dont un en cours sur les plantes à colorants de Nouvelle-Calédonie et du Vanuatu, soutenu par le Fonds Pacifique.

## UN PONT VERS LA BIOLOGIE

« Je m'intéressais depuis longtemps à la zone Pacifique, peu étudiée, car on sous-estimait l'usage des plantes tinctoriales par ces populations légèrement vêtues », explique-t-elle. Pourtant, leurs textiles et leurs ornements se parent, comme leurs corps, des plus belles couleurs. De plus, ajoute la chercheuse, qui en est à sa troisième mission sur place, « je me suis rendu compte, au cours de ma carrière, que 80 % des plantes tinctoriales avaient des actions biologiques, applicables en pharmacologie ou en cosmétologie. » D'où sa collaboration avec botanistes et chimistes : le flamboyant violet d'une natte vanuataise les conduira sans doute sur la piste de plantes aux propriétés inédites.

1. Unité CNRS/Université Lumière-Lyon-II/ Université Jean-Moulin-Lyon-III/EHESS/ ENS Lyon/Université d'Avignon.
2. Notamment par la médaille de l'Unesco Penser et construire la paix, en 2006.
3. Récompensée par le prix Anvie/CNRS, en 1993.
4. *Le Guide des teintures naturelles*, Delachaux et Niestlé, 1990.
5. Études dirigées par Hélène Cuvigny, papyrologue, directrice de recherche au CNRS, et financées par le ministère des Affaires étrangères et l'Institut français d'archéologie orientale au Caire.
6. International Symposium and Exhibition on Natural Dyes, co-organisé par le Ciham et le Critt horticole de Rochefort-sur-Mer, sous le patronage de l'Unesco, du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche et du ministère de l'Environnement, avec le soutien du CNRS.

© C. FRESILLON/CNRS PHOTO THÈQUE

## CONTACT :

Centre interuniversitaire d'histoire et d'archéologie médiévales, Lyon  
**Dominique Cardon**  
 > [cardon.dominique@wanadoo.fr](mailto:cardon.dominique@wanadoo.fr)

**Investissements d'avenir** Après avoir apporté un soutien déterminant aux projets Initiatives d'excellence, le CNRS continuera à s'impliquer dans la mise en œuvre des futurs grands sites d'enseignement et de recherche.

# Cap sur l'Université de demain

PAR ALEXIA ATTALI

**Les résultats du premier appel à projets Initiatives d'excellence (Idex)** (lire l'encadré p. 33)

du programme d'Investissements d'avenir ont été annoncés en juillet 2011 par Laurent Wauquiez, ministre de l'Enseignement supérieur et de la Recherche et René Ricol, commissaire général à l'Investissement. Parmi les 17 candidatures, trois seulement ont été retenues : Idex Bordeaux, Unistra et PSL<sup>1</sup>. « Le jury a placé la barre très haut, commente Alain Fuchs, président du CNRS. Les lauréats ont su le convaincre de leur capacité à devenir d'ici à dix ans des pôles pluridisciplinaires d'excellence d'enseignement supérieur et de recherche de rang mondial. » À terme, cinq à dix de ces pôles, capables de rivaliser avec les plus grandes universités du monde, doivent émerger. Ils seront dotés de moyens significatifs grâce à un fonds de 7,7 milliards d'euros opéré par l'Agence nationale de la recherche.

## LE CNRS AU CŒUR DES PROJETS

Ce choix intervient au terme d'une procédure de sélection entamée à l'automne 2010, dans laquelle le CNRS s'est impliqué à tous les stades. « En tant que partenaire privilégié des grands pôles d'enseignement supérieur, nous avons été sollicités par ces derniers pour les accompagner dès le début de la sélection, indique Jean-Noël Verpeaux, directeur de la Direction d'appui à la structuration territoriale de la recherche (DASTR) de l'organisme. Le CNRS a une vision nationale et internationale qui lui

**DSR**  
Directeur d'institut du CNRS et membre du Collège de direction, chargé de représenter localement l'organisme sur le plan de la stratégie scientifique.

permet de mettre en relief les atouts des différents sites universitaires et de les aider à monter des projets pertinents. »

Au cours des réunions d'élaboration des dossiers, le CNRS était représenté par un binôme composé du directeur scientifique référent (DSR), portant le discours politique de l'organisme, et du

délégué régional, apportant sa parfaite connaissance du site. Forts d'une vision nationale pour chaque discipline, les directeurs d'institut se sont également impliqués dans le montage des projets. Enfin, le CNRS a participé à toutes les auditions de présélection et de sélection, représenté au plus haut niveau pour cette dernière étape



en la personne de son président ou du directeur général délégué à la science, Joël Bertrand. « Plus qu'un partenaire, le CNRS a été véritablement actionnaire des projets, estime Alain Fuchs. Nous avons pris la parole à la demande du jury pour apporter notre éclairage sur la politique internationale d'un site, la spécificité d'un centre de recherche, ou encore la façon dont notre politique de ressources humaines sera déclinée dans le cadre de l'Idex. »

### EXCELLENCE ET AMBITION

Après avoir présélectionné sept dossiers, le jury a départagé les finalistes sur leur excellence en matière de recherche et l'efficacité de leur gouvernance. « Le périmètre d'excellence devait être démontré par la qualité scientifique des travaux, un nombre significatif de chercheurs et d'enseignants-chercheurs de très haut niveau et de renommée internationale –

CNRS contribuant largement à ce critère – et la présence de projets lauréats des Investissements d'avenir, comme les Labex, les Equipex, les Instituts hospitalo-universitaires (IHU), etc. », explique Roger Guilard, chargé de mission pour les Investissements d'avenir au CNRS. Parmi les domaines d'excellence des trois lauréats figurent notamment le laser, les sciences du vivant et la chimie du solide à Bordeaux, les sciences de la vie et la chimie à Strasbourg, les sciences physiques et mathématiques, les sciences du vivant et les sciences humaines et sociales pour PSL...

Mais, pour gagner, il fallait être plus qu'excellent. « Ce qu'attendait le jury, c'était un véritable projet de transformation en profondeur du site, résume Alain Fuchs. Car la vocation des Idex est de porter une ambition, une trajectoire d'excellence sur le long terme. Ce n'est pas

## ALAIN BERETZ

Président de l'université de Strasbourg, porteur de l'Idex Unistra

### Quels sont les points forts de l'Idex du point de vue de la recherche ?

L'Idex Unistra s'est construit sur deux stratégies complémentaires. D'abord, nous souhaitons soutenir et renforcer l'excellence scientifique d'aujourd'hui. C'est le rôle des Labex, dont huit ont été labellisés à ce jour. L'autre volet de notre stratégie est de préparer l'excellence de demain, tant au sein des Labex que dans des pôles trop petits pour entrer dans cette démarche ou sur des sujets émergents. En sciences humaines, par exemple, certains pôles constitués de quelques chercheurs n'ont pas la taille critique d'un Labex. Pour autant, nous voulons les soutenir et encourager leur développement. De la même façon, cinq de nos projets de Labex n'ont pas été retenus, mais ont obtenu au moins la note B et méritent

d'être soutenus. Nous avons donc mis en place une répartition des crédits de recherche réservant 70% des moyens au périmètre d'excellence couvert par les Labex et rendant accessibles les 30% restants grâce à des appels d'offres ouverts à toute structure de recherche au sein de l'université.

### Comment souhaitez-vous faire évoluer la structuration de la recherche au sein de l'Idex ?

Les moyens attribués à l'Idex viendront compléter ceux déjà en place. Ils doivent jouer un rôle de levier, stimuler et accélérer l'innovation, soit en renforçant des pôles d'excellence existants, soit en en faisant émerger d'autres. Pour mesurer cet "effet Idex" sur notre recherche,

nous nous appuyons sur des indicateurs. Nous sommes l'un des seuls sites à avoir entamé cette démarche. Bien entendu, il faut garder à l'esprit que nous nous inscrivons dans une perspective de moyen et long termes, il faut donner le temps au dispositif de produire des résultats.

### Quel est le poids du CNRS dans l'Idex ?

Je donnerai deux chiffres très évocateurs. D'une part, le CNRS contribue à hauteur de 38% au financement du périmètre d'excellence de l'Idex. D'autre part, 50% de l'action du CNRS consacrée à Strasbourg est dédiée à l'Idex. Cela montre son rôle majeur dans notre projet. Un rôle qui est d'ailleurs ancré dans l'histoire, puisque le premier laboratoire associé du CNRS a été créé à Strasbourg<sup>1</sup>. L'Idex

ne fait donc que renforcer un partenariat déjà engagé de longue date.

### Quel rôle tiendra le CNRS dans la structuration et la gouvernance de la recherche de l'Idex ?

Notre particularité est de ne comporter qu'une seule université, contrairement aux autres Idex. Nous n'avons donc pas mis en place une nouvelle structure de gouvernance : nous nous appuyons sur le conseil d'administration de l'université. Mais nous avons créé un comité de pilotage au sein duquel le CNRS est présent et qui proposera au conseil d'administration des procédures d'attribution de crédits, d'évaluation des résultats et de contrôle des dépenses.

1. Institut de recherche mathématique avancée (Irma), d'abord L.A. n°1, puis URA 001.



© K. STÖBER



© G. DACQUIN

## MONIQUE CANTO-SPERBER

Directrice de recherche au CNRS et directrice de l'École normale supérieure, responsable juridique de l'Idex Paris Sciences et Lettres (PSL)

### Quels sont les points forts de l'Idex du point de vue de la recherche ?

La particularité de Paris Sciences et Lettres est de s'appuyer sur une recherche de haut niveau dans la quasi-totalité des disciplines académiques. Son excellence est à la fois globale et présente dans chaque discipline. Notre périmètre d'excellence rassemble plus d'une centaine de laboratoires, tous leaders dans leur domaine et qui nous permettent de former nos étudiants par la recherche. Par ailleurs, le nombre de Labex portés en propre par PSL, ainsi que d'autres indicateurs, comme notre taux moyen de publication par chercheur, le meilleur de France, témoignent de la qualité de nos forces de recherche.

### Comment souhaitez-vous faire évoluer la structuration de la recherche au sein de l'Idex ?

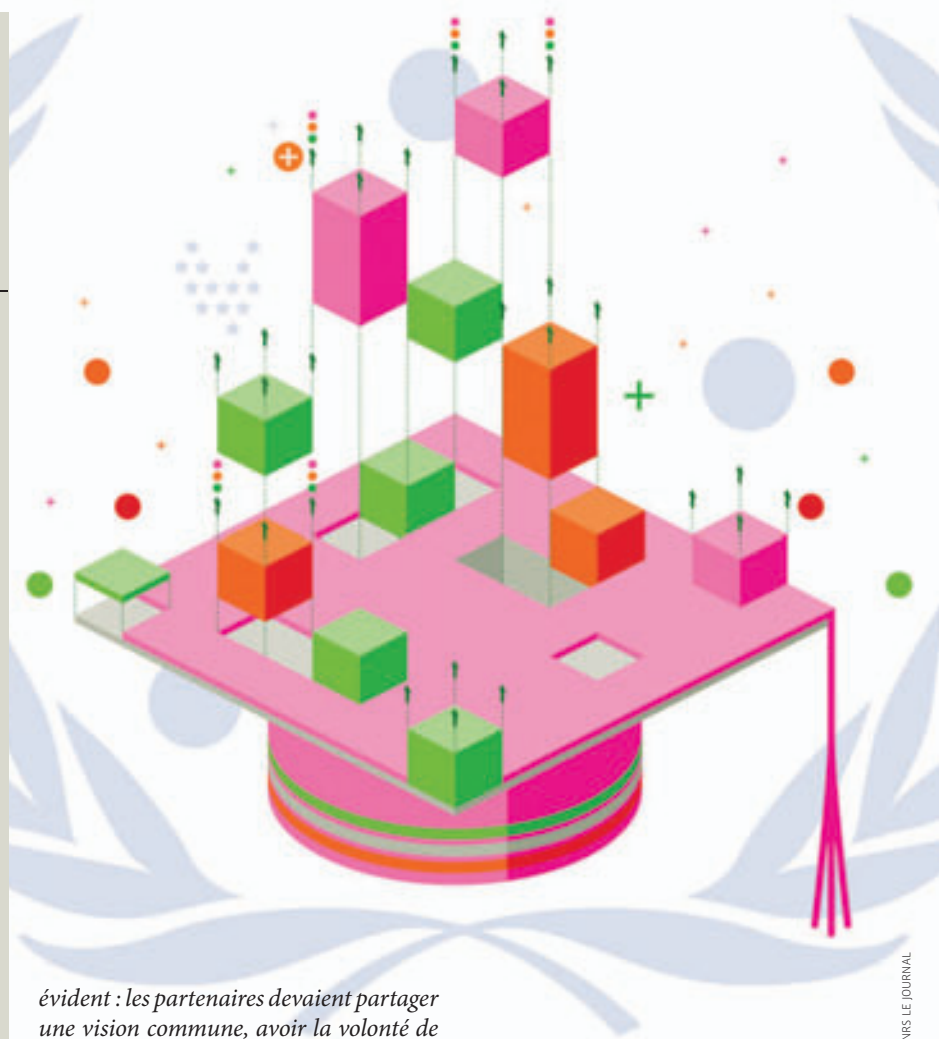
Notre université de recherche ne sera pas une juxtaposition de domaines d'excellence. Nous voulons y insuffler une véritable dynamique collective de la recherche en favorisant les synergies entre disciplines et en mettant en place des dispositifs permettant de renouveler régulièrement les thématiques et les équipes de recherche, ainsi que les modes de collaboration. Dans un premier temps, nos axes de développement prioritaires seront la chimie, la physique, la biologie, l'informatique, les sciences de l'environnement, l'économie et les sciences sociales, où nos recherches bénéficieront d'emblée de la nouvelle dynamique créée par l'Idex. Pour chacun, nous procéderons par appel d'offres pour l'attribution des financements. Ce dispositif s'articulera à nos onze Labex afin d'afficher une stratégie cohérente de recherche au niveau de l'Idex.

### Quel est le poids du CNRS dans l'Idex ?

Le CNRS contribue de façon décisive aux effectifs de recherche de l'Idex, et ses dix instituts participent au périmètre d'excellence. Il a été très étroitement associé à l'élaboration de notre projet, et souvent bien au-delà de la politique de recherche : le président du CNRS s'est ainsi directement intéressé à l'offre nouvelle que PSL proposera bientôt en matière d'éducation supérieure. Sa présence à nos côtés lors de la dernière audition a été décisive.

### Quel rôle tiendra le CNRS dans la structuration et la gouvernance de la recherche de l'Idex ?

En tant que membre fondateur, le CNRS siègera au conseil d'administration de PSL et participera directement aux prises de décisions stratégiques. Il sera membre du comité de pilotage, qui réunit les responsables des composantes de PSL sous l'égide de l'équipe présidentielle de l'Idex, et jouera un rôle actif dans le comité resserré qui en assurera le fonctionnement continu. Des chercheurs du CNRS seront également présents au conseil de la recherche, qui définit les thématiques prioritaires et pilote les appels d'offres. Enfin, les personnels du CNRS participeront à la mise en œuvre opérationnelle de nos actions de recherche. Nous souhaitons construire avec le CNRS un partenariat de type nouveau, car la réussite de notre université de recherche est un enjeu aussi important pour le CNRS que pour les composantes de PSL.



*évident : les partenaires devaient partager une vision commune, avoir la volonté de s'engager et de prendre des risques. Il leur a également fallu démontrer la capacité de la gouvernance proposée à mettre en œuvre cette vision. Le jury a posé des questions très détaillées sur l'allocation des moyens, les modes d'arbitrage, etc. »*

### S'ENGAGER SUR LE LONG TERME

L'engagement du CNRS ne s'arrête pas à l'annonce des résultats. En tant que membre fondateur des Idex, et avec près de 50 % de ses effectifs présents sur le site impliqués dans le périmètre d'excellence de chacune, il a été naturellement associé à leur gouvernance. « Et pas uniquement au sein des conseils qui définissent les grandes orientations stratégiques, précise Alain Fuchs. Nous serons également présents dans les structures exécutives par le biais des DSR. Nous n'avons pas vocation à gérer les Idex au quotidien, mais nous souhaitons nous engager le plus loin possible... tout en restant à notre place : la

*recherche. » « Au cours des dix prochaines années, complète Jean-Noël Verpeaux, le CNRS jouera un double rôle dans les Idex : soutenir l'essor des pôles d'excellence identifiés, notamment pour les Labex, et aider les autres secteurs à rejoindre le périmètre d'excellence. Un enjeu important est d'aider les sites à consolider et à développer la pluridisciplinarité de leurs recherches. »*

Une organisation a été prévue pour permettre au CNRS d'assumer ses nouvelles responsabilités : le DSR sera secondé par un directeur adjoint scientifique et disposera d'un correspondant identifié dans chacune des grandes directions impliquées dans les Idex, comme la DASTR, la DERCIP<sup>2</sup> ou la DIRE<sup>3</sup>. En parallèle, l'articulation avec le délégué régional restera au cœur de l'organisation, ce qui permettra au CNRS de continuer à parler d'une seule voix tout en territorialisant son action. Quant aux Idex, elles fixeront leurs instances de gouvernance au cours des semaines à venir. Ensuite, rendez-vous dans quatre ans



pour un premier audit au cours duquel elles devront démontrer la performance de leur fonctionnement.

### UNE NOUVELLE VAGUE D'IDEX

Pendant ce temps, une nouvelle vague d'Idex se prépare. Le deuxième appel à projets a été lancé en juin 2011 pour une sélection finale en janvier 2012. « *Le CNRS continuera à aider les porteurs de projets qui le souhaitent, annonce Roger Guilard. Le travail effectué, même s'il n'aboutit pas à la labellisation Idex, est essentiel, car il va dans le sens d'une structuration territoriale de la recherche.* » « *Tous les sites n'ont pas vocation à devenir des Idex, renchérit Alain Fuchs. Cela ne remet pas en cause pour autant la qualité de leur recherche et de leur formation. Tous auront été lauréats, à un degré ou à un autre, du programme d'Investissements d'avenir. Le CNRS les soutiendra et les aidera à établir*

*des passerelles pour s'insérer dans le nouveau paysage de l'enseignement supérieur et de la recherche que nous sommes tous en train de réinventer ensemble. Le CNRS y sera d'autant plus attentif que le ministère ne veut pas désertifier le territoire, mais y maintenir les niches d'excellence.* »

1. Respectivement portées par le Pres Université de Bordeaux, l'université de Strasbourg et une Fondation de coopération scientifique rassemblant treize partenaires.
2. Direction Europe de la recherche et coopération internationale.
3. Direction de l'innovation et des relations avec les entreprises.



L'interview complète d'Alain Fuchs est à lire sur le journal en ligne.

#### CONTACTS :

Direction d'appui à la structuration territoriale de la recherche (DASTR) du CNRS, Paris  
**Roger Guilard**  
 > [roger.guilard@cnrs-dir.fr](mailto:roger.guilard@cnrs-dir.fr)  
**Jean-Noël Verpeaux**  
 > [jean-noel.verpeaux@cnrs-dir.fr](mailto:jean-noel.verpeaux@cnrs-dir.fr)

### RAPPEL

**L'action Initiatives d'excellence, dotée de 7,7 milliards d'euros, a pour objectif de faire émerger de cinq à dix pôles d'enseignement supérieur et de recherche de rang international, capables de rivaliser avec les meilleures universités du monde. Elle s'inscrit<sup>1</sup> dans les Investissements d'avenir, vaste programme de relance de l'innovation dans le pays. Cinq axes prioritaires ont été retenus : enseignement supérieur et formation, recherche, industrie et PME, développement durable et numérique. Pour le financer, le gouvernement a fait appel à un emprunt national de 35 milliards. 21,9 milliards d'euros seront consacrés à l'enseignement supérieur et à la recherche.**

1. Avec les Equipex, Labex, Instituts de recherche technologique et autres Instituts d'excellence en énergies décarbonées.



© M. MAWONTOFF

## MANUEL TUNON DE LARA

Président de l'université Bordeaux-Segalen et du Pres de Bordeaux, porteur de l'Idex Bordeaux

### Quels sont les points forts de l'Idex du point de vue de la recherche ?

La première spécificité de notre projet est qu'il trouve ses origines bien avant l'appel d'offres Idex 1. Dès 2008, nous avons identifié une dizaine de pôles d'excellence. Nous les avons ensuite restreints au nombre de huit dans le cadre de notre candidature, sur la base d'exigences encore plus fortes et des recommandations de l'Agence d'évaluation de la recherche et de l'enseignement supérieur (Aeres) lors de notre évaluation. Ils concernent la filière lasers-photonique, les matériaux innovants, les neurosciences, les technologies de la santé, les sciences archéologiques, l'informatique, l'environnement et le thème santé et société. Autre point fort de notre Idex : nous n'avons pas construit son périmètre simplement en adjoignant ces pôles. Notre démarche est fondamentalement pluridisciplinaire.

### Comment souhaitez-vous faire évoluer la structuration de la recherche au sein de l'Idex ?

Notre stratégie s'appuie sur deux axes. Le premier, l'activité de nos huit Labex.

Têtes de pont de nos pôles d'excellence, ils doivent contribuer à structurer la recherche au sein de la nouvelle université. Le second axe, plus transversal, est celui de la pluridisciplinarité. Nous avons organisé nos actions autour de priorités stratégiques liées aux missions fondamentales de l'université (formation, recherche, valorisation) et à son ambition (attractivité, ouverture à l'international, etc.). Les appels d'offres seront multidisciplinaires et multi-Labex, et nous mettrons en œuvre le plus rapidement possible une programmation précise appuyée par une structure d'ingénierie et de support au pilotage.

### Quel est le poids du CNRS dans l'Idex ?

C'est l'établissement qui s'est le plus investi dans notre projet, tant en termes de moyens que de ressources, et notamment dans le cadre des Labex. Au total, près de la moitié des ressources humaines locales du CNRS est impliquée dans l'Idex Bordeaux, cette implication couvrant l'ensemble de nos pôles d'excellence ainsi que d'autres dispositifs comme l'IHU. Le CNRS a également exprimé

sa volonté de s'engager dans des actions connexes liées à la formation, au transfert des savoirs, à la valorisation et à la promotion internationale. Sur ce dernier point, nous pourrions compter sur son dispositif de présence à l'international pour appuyer notre ambition.

### Quel rôle tiendra le CNRS dans la structuration et la gouvernance de la recherche de l'Idex ?

Il est tout d'abord l'un des trois partenaires fondateurs de l'Idex Bordeaux. Nous souhaitons également lui donner un rôle essentiel et nouveau, l'associer à la stratégie de la nouvelle Université de Bordeaux, dont l'Idex représente la politique d'excellence. C'est une dimension nouvelle de notre relation qui dépasse la gestion partagée des laboratoires. Elle implique de choisir ensemble les grandes orientations de recherche et d'enseignement. Le CNRS fera donc partie du conseil de gestion et du bureau exécutif resserré qui mettra en œuvre et suivra le projet d'Idex, en relation étroite avec la gouvernance de l'Université de Bordeaux.

**Ressources humaines** L'organisme a mis en place un vaste plan d'action dans le but d'améliorer les conditions de vie au travail de ses agents. En voici les lignes directrices.

# Le CNRS s'engage contre les risques psychosociaux

PAR FABRICE DEMARTHON

**S**tress, harcèlement, épuisement... Le travail peut parfois virer au cauchemar et mener à des situations de profonde détresse. Or le Code du travail est formel : l'employeur est tenu de prendre toutes les mesures nécessaires « pour assurer la sécurité et protéger la santé physique et mentale » de ses employés. Le CNRS n'échappe pas à cette règle. Si, jusqu'à présent, les risques d'ordre technique étaient bien traités par l'organisme, il manquait un cadre général concernant les risques psychosociaux, dont la prise en compte par le monde professionnel s'avère récente.

## UN PLAN D'ACTION CONCERTÉ

Ce manque est désormais comblé, avec la mise en place par la Direction des ressources humaines (DRH), en collaboration avec les partenaires sociaux, d'un plan d'action sur les conditions de vie au travail et la prévention de ces risques particuliers. « *Le bien-être au travail des agents est une préoccupation ancienne pour le CNRS*, note Christine d'Argouges, directrice des ressources humaines. *Cependant, lorsqu'il s'est agi de rédiger une circulaire sur le harcèlement moral en 2008, il est apparu indispensable de l'inclure dans un plan formalisé et global qui ne se concentrerait pas uniquement sur la souffrance au travail, mais sur les conditions de vie professionnelle en général.* »

Une longue concertation a alors commencé pour la DRH avec tous les acteurs du domaine au sein des délégations régionales, ainsi qu'avec les organisations syndicales, les médecins de prévention, les assistants de service social, la médiatrice, les ingénieurs prévention et sécurité... « *Il fallait établir un plan transversal*, explique Isabelle Kauffmann, chef du Service développement social de la DRH. *Les réponses à la problématique de la souffrance au travail sont forcément multiples.* »

## UNE TRENTAINE DE MESURES

Le plan d'action a donc pour objectif à la fois d'harmoniser l'existant et de développer de nouvelles mesures, selon trois axes prioritaires : prévenir les risques, déceler les situations susceptibles de nuire à la qualité de vie au travail et les traiter. Il s'articule aussi avec le plan Handicap, « *un domaine dans lequel le CNRS est très en pointe* », rappelle Christine d'Argouges. Concrètement, une trentaine d'actions ont été proposées.



Plusieurs d'entre elles ont trait à l'identification des personnes impliquées dans la gestion des risques psychosociaux, à la coordination de leurs interventions, à leur formation, « *même si notre concertation a montré que leur vigilance et leur professionnalisme étaient déjà élevés* »,

souligne Christine d'Argouges. Dans ce cadre, une journée nationale de sensibilisation, avec notamment la présence d'une sociologue du travail, chercheuse au CNRS, et d'une avocate spécialiste en droit social, a déjà été organisée le 8 décembre 2010. Cette action se décline

sous forme de journées régionales tout au long de l'année 2011. Souvent en première ligne, les directeurs d'unité pourraient également être intégrés au dispositif et suivre un module de formation aux conditions de vie au travail lorsqu'ils prennent leurs fonctions. « *D'autres mesures pourraient être expérimentées localement*, ajoute Isabelle Kauffmann. *Par exemple, lors des séminaires de réflexion organisés cette année par la délégation régionale Midi-Pyrénées, une piste a été évoquée : il faudrait, dans les laboratoires, un capteur social, une personne neutre capable de déceler les situations de souffrance et de donner l'alerte le cas échéant.* » Resterait à déterminer qui serait susceptible d'endosser ce rôle.

Prévenir les risques psychosociaux ou identifier les situations difficiles passe autant par les outils de veille que par un bon accompagnement du personnel durant toute sa carrière. Un gros train de mesures va dans ce sens. « *Nous disposons déjà de plusieurs outils aptes à nous renseigner sur les conditions de vie des agents au CNRS. Il s'agit de mieux nous en servir* », indique Isabelle Kauffmann. Le rapport annuel du médiateur, le rapport annuel national de prévention et sécurité, le document unique<sup>1</sup>, les bilans d'activité des assistants de service social ou de la médecine de prévention sont autant de mines d'or pour établir des indicateurs sociaux et repérer les situations potentiellement difficiles. « *Pour cela, il faudra renforcer et généraliser les cellules de veille sociale au sein des délégations régionales* », propose Christine d'Argouges.

### RENFORCER L'ACCOMPAGNEMENT DES AGENTS

Le bien-être du personnel passe aussi par des services destinés à lui faciliter la vie. S'assurer, par exemple, que les nouveaux arrivés soient bien reçus en poursuivant ou en amplifiant les entretiens et les journées d'accueil ; renforcer les dispositifs d'accompagnement à la mobilité ; communiquer sur toutes les mesures d'action sociale ; préparer l'après-CNRS pour les personnels contractuels en leur proposant des formations, des services d'accompagnement vers d'autres milieux professionnels, comme cela est déjà expérimenté au sein de la délégation Nord-Pas-de-Calais et Picardie ; conserver le lien avec les agents en cas d'absence prolongée et faciliter leur retour en adaptant leur poste si besoin... Ou encore proposer des formations à l'entretien annuel, puisque la concertation a montré que ce rendez-vous entre un agent et son supérieur hiérarchique est parfois une vraie source de stress pour les deux parties. « *Ce ne sont pas forcément des actions révolutionnaires, mais tous ces petits dispositifs améliorent la qualité de vie au travail et permettent, dans une certaine mesure, de prévenir les risques psychosociaux* », estime Isabelle Kauffmann.

S'intéresser à ces risques s'avère d'autant plus important aujourd'hui que le paysage de la recherche est en pleine mutation, ce qui peut constituer un facteur de stress. L'évolution de l'organisation de la recherche a nécessairement des incidences sur les conditions de vie au travail. « *Notre fonctionnement a déjà changé*, remarque Christine d'Argouges. *Avec le*

*financement par appel d'offres, d'une part, les chercheurs subissent une pression de plus en plus forte, d'autre part, le nombre de contractuels augmente.* » Le plan prévoit donc plusieurs mesures pour comprendre les conséquences de tous ces changements et les accompagner.

Ainsi, une étude sur les processus psychiques à l'œuvre dans le milieu professionnel sera conduite en partenariat avec l'équipe du professeur Christophe Dejors, titulaire de la chaire psychanalyse-santé-travail au Conservatoire national des arts et métiers. « *L'idée est de rassembler des chercheurs sur la base du volontariat et de les faire s'exprimer sur leurs conditions de vie professionnelle, sur les difficultés qu'ils rencontrent, mais aussi le plaisir qu'ils y trouvent* », précise Christine d'Argouges.

### UN PROJET AU LONG COURS

Promouvoir les mesures renforçant le collectif, mieux anticiper les restructurations et développer la communication interne sur tous ces changements constituent d'autres actions susceptibles de faciliter l'adaptation des personnels. Des actions qu'il est essentiel « *de mener en partenariat avec les autres institutions, organismes de recherche et universités* », tient à rappeler Isabelle Kauffmann.

Toutes ces mesures en faveur du bien-être au travail des personnels du CNRS ne sont évidemment pas inscrites dans le marbre. « *Ce plan se veut évolutif*, insiste Christine d'Argouges. *Il s'agit d'un projet au long cours que les agents doivent s'approprier.* » Une sorte de manuel des bonnes pratiques, pour que le travail ne soit pas synonyme de souffrance, mais de sérénité et de satisfaction.

1. Le document unique recense tous les risques professionnels auxquels sont exposés les personnels du CNRS au sein de leur unité.

#### CONTACTS :

Direction des ressources humaines, Paris  
**Christine d'Argouges**  
 > christine.dargouges@cnrs-dir.fr  
**Isabelle Kauffmann**  
 > isabelle.kauffmann@cnrs-dir.fr

### NOMINATION |

#### Patrick Mounaud a été nommé délégué régional du CNRS en Midi-Pyrénées.

À 54 ans, ce diplômé de droit public a effectué toute sa carrière au ministère de la Justice, au sein de l'administration pénitentiaire. Auteur de diverses publications, il est également chargé d'enseignement à l'Institut d'administration de Lyon et à l'École nationale de la magistrature. Patrick Mounaud est chevalier de l'ordre national de la Légion d'honneur et chevalier de l'ordre national du Mérite.

### PARTENARIAT | PSA Peugeot

**Citroën et le Laboratoire de l'intégration du matériau au système, à Bordeaux, ont créé un Openlab dédié à l'automobile. Cette nouvelle structure de recherche commune, d'une durée renouvelable de quatre ans, s'intéressera plus précisément au contrôle global du châssis et des organes moteurs, à la modélisation comportementale du conducteur, à la fiabilité des équipements électroniques embarqués et enfin au stockage de l'énergie et aux systèmes de gestion de la batterie. Il s'agit du troisième Openlab mis en place entre PSA Peugeot Citroën et les équipes du CNRS.**

### INTERNATIONAL |

#### L'unité mixte

**internationale LN2, consacrée aux nanotechnologies et aux nanosystèmes**, vient de voir le jour.

Elle réunit environ 45 personnes provenant de l'université québécoise de Sherbrooke, du CNRS, du Groupement d'intérêt scientifique Renatech, de l'Institut national des sciences appliquées de Lyon, de l'École centrale de Lyon, des universités Joseph-Fourier et Claude-Bernard-Lyon-I et de CPE Lyon.

## Mathématiques

## Le bel héritage d'Évariste Galois

PAR VAHÉ TER MINASSIAN

## → C'est un hommage unanime que la communauté des mathématiciens

s'apprête à rendre à Évariste Galois. Né le 25 octobre 1811, à Bourg-la-Reine, ce mathématicien génial, qui sera exclu à 20 ans de l'École préparatoire<sup>1</sup>, puis emprisonné pour ses idées révolutionnaires, avant de mourir quelques mois plus tard, en 1832, des suites d'un duel, a marqué l'histoire de sa discipline.

À l'occasion du bicentenaire de sa naissance, l'Institut Henri-Poincaré (IHP)<sup>2</sup> et la Société mathématique de France (SMF) organisent une série de manifestations: exposition, projections de films, conférences permettront aux non-spécialistes de se familiariser avec la vie et l'œuvre de Galois. Et, au cours de la semaine du 24 octobre, un colloque international réunira à l'IHP des historiens

des sciences et des mathématiciens célèbres, dont les médaillés Fields Alain Connes et Jean-Pierre Serre, pour faire le point sur les recherches concernant les théories galoisiennes.

Car «*la pensée de Galois continue aujourd'hui à hanter les mathématiques*», explique Xavier Caruso, chercheur à l'Institut de recherche mathématique de Rennes<sup>3</sup>. Conçue au départ pour étudier certaines équations algébriques, sa théorie de l'ambiguïté s'est rapidement avérée de portée beaucoup plus générale, en introduisant pour la première fois la notion de groupe, sur laquelle est fondée toute l'algèbre moderne.

Nombre de développements récents en arithmétique (applications cryptographiques, démonstration du théorème de Fermat...), en géométrie ou en théorie des équations différentielles reprennent les idées de Galois. Tandis que ses thèses jouent un rôle fondamental en physique classique et quantique, et même en chimie. Lorsqu'on sait que ses théories n'ont pas été comprises de son vivant... En effet, les manuscrits qu'Évariste Galois avait adressés à l'Académie des sciences furent pour certains refusés et pour les autres perdus. Et ce n'est qu'en 1845, grâce au mathématicien Joseph Liouville, que leur intérêt sera enfin reconnu.

Aujourd'hui, le personnage est certainement l'un des mathématiciens les plus connus de l'Histoire. Le suicide de son père, ses démêlés avec la justice, ses idées républicaines, sa fin mystérieuse et sa lettre-testament en ont fait un héros romantique et malheureux de nombreux romans et de films. L'hommage qui lui est rendu est une belle occasion de (re)découvrir la vie et l'œuvre de ce savant d'exception.

1. L'ancien nom de l'École normale supérieure de Paris.
2. Unité CNRS/UPMC.
3. Unité CNRS/Universités Rennes-I et -II/ENS Cachan/Insa Rennes.

## EN LIGNE

> [www.galois.ihp.fr](http://www.galois.ihp.fr)



Avoir sur le journal en ligne: l'interview du mathématicien Alain Connes sur Évariste Galois.

## ÉNERGIE SOLAIRE |

## Le 19 octobre,

ceux qui ont fait l'histoire de l'énergie solaire au CNRS ont rendez-vous dans l'après-midi, à Paris, au siège de l'organisme. Initiée par le Comité pour l'histoire du CNRS et le programme Énergie, cette manifestation a pour but de recueillir les témoignages sur cette riche aventure, marquée notamment par le lancement, en 1975, du Pirdes, le premier programme interdisciplinaire de recherche sur l'énergie solaire. Ce projet doit aussi permettre de mettre en perspective les recherches actuelles dans le domaine.

## CONTACT :

> [solaire@limsi.fr](mailto:solaire@limsi.fr)

## CONCOURS | Avec ses

## 1500 lycéens et collégiens de 65 pays, le concours Intel Isef

est le plus grand concours scientifique pré-universitaire au monde. Pour sa première participation, en mai, la France a vu ses deux équipes récompensées d'un 4<sup>e</sup> prix. La première, soutenue par l'Institut de mathématiques de Luminy, a travaillé sur les géométries non-euclidiennes et leurs applications, en particulier pour la course de bateaux le Vendée Globe. La seconde, distinguée lors des Olympiades de physique soutenues par le CNRS, a étudié la possibilité de déduire la forme d'un astéroïde à partir de la lumière qu'il renvoie.

## PUBLICATION | L'édition 2010

des *Images de la physique* est parue. Comme chaque année, cette revue recense les progrès récents et originaux effectués par des chercheurs français dans tous les domaines de la physique. Le dossier de ce numéro est consacré au laser, dont on célèbre le cinquantenaire l'an dernier. À noter : tous les articles sont consultables en ligne.

> [www.cnrs.fr/publications/imagesdelaphysique/](http://www.cnrs.fr/publications/imagesdelaphysique/)

## CONTACTS :

Institut de recherche mathématique de Rennes  
**Xavier Caruso**  
 > [xavier.caruso@normalesup.org](mailto:xavier.caruso@normalesup.org)  
 Laboratoire de mathématiques d'Orsay  
**Bernard Helffer**  
 > [bernard.helffer@math.u-psud.fr](mailto:bernard.helffer@math.u-psud.fr)





01 02



## SA MISSION

Il doit s'assurer que le matériel scientifique transite entre les laboratoires du CNRS et les sites d'expériences dans les meilleures conditions. Directeur de l'Unité de logistique internationale-Services et soutien aux expériences (Ulisse), Philippe Brion a été récompensé par le Cristal de l'organisme en 2007.

## Philippe Brion Logisticien

PAR LAURIANNE GEFFROY

### 8H45 LE DÉFI DU JOUR

« Acheminer 17 poissons torpilles jusqu'à Cambridge ? Aucun problème », répond au téléphone Philippe Brion, directeur de l'Unité de logistique internationale-Services et soutien aux expériences (Ulisse). En trente ans, cet ancien déclarant en douane est passé maître dans le transport de matériel scientifique vivant, fragile ou dangereux. Au fil du temps, il a constitué, à Annecy-le-Vieux, au sein de l'Institut national de physique nucléaire et de physique des particules, une équipe de dix spécialistes ainsi qu'un réseau logistique unique en son genre. « Le métier est assez stressant, remarque-t-il, car, derrière le transport d'une expérience, il y a des chercheurs qui ont travaillé pendant des années. Du matériel qui n'arrive pas à l'heure, et c'est toute une série de mesures qui est perdue. »

### 11H00 UN IMPRÉVU À GÉRER

Retard d'avion, douanier réfractaire, caprice de la météo... Chaque livraison comporte son lot d'imprévus. Ce matin, il s'agit de deux bobines radioactives de l'expérience Super-Simpa, d'environ trois tonnes chacune, qui arrivent de Suisse et doivent être livrées au Laboratoire Kastler Brossel, à Paris. Problème : les caisses ne passent pas par la porte... « Nous avons trouvé une solution, se félicite Philippe Brion. Nous allons établir un

Philippe Brion (01) doit acheminer en Namibie cette antenne géante (02) destinée à étudier le rayonnement des supernovae.

protocole de sécurité afin que le transporteur puisse démonter la caisse et décharger les bobines à l'intérieur du laboratoire. »

### 12H00 DÉJEUNER STUDIEUX

C'est l'heure du déjeuner avec la société d'emballage E3 Cortex. Au programme : le transfert de l'instrument Muse, qui doit rejoindre le Very Large Telescope au Chili et offrir une vision en 3D de l'Univers. « Il y a 24 pièces optiques très fragiles, qui pèsent 90 kilogrammes et coûtent 300 000 euros chacune, précise le directeur d'Ulisse. Le tout doit emprunter une route parsemée de nids-de-poule pour atteindre l'observatoire. On a donc réalisé des caisses dotées d'amortisseurs et qui résistent aux chocs et aux températures extrêmes. » Quelques détails restent à régler mais, après cinq ans de travail et un crash-test concluant, une première caisse devrait s'envoler vers l'Amérique du Sud en octobre prochain.

### 14H15 LE POINT SUR L'ASSURANCE

Retour au bureau pour une réunion de service. Philippe Brion souhaite parler à ses collaborateurs de leur nouveau contrat d'assurance. « Une assurance transport classique rembourse environ 13 euros le

kilogramme, avec un maximum par envoi de 6 000 euros. Ce n'est même pas le prix de l'un des emballages d'un projet comme Muse », indique-t-il. Le courtier d'Ulisse assure le matériel durant tout le voyage, sur la valeur déclarée et, désormais, pendant toute la mission. Grâce à cette assurance tous risques spéciale chercheur, une caisse de matériel balayée par une tempête au Groenland pourra être remboursée.

### 17H00 CONSEILS LÉGISLATIFS

Avant de finir sa journée, Philippe Brion prend le temps de répondre à une demande émanant de la Direction des affaires juridiques du CNRS. L'Institut national de chimie a créé une chimiothèque en ligne et voudrait connaître la législation en matière de transport de molécules dangereuses. « Il est interdit d'envoyer de tels produits par la poste, même en quantité infinitésimale, explique le logisticien. Je vais me rapprocher d'eux pour mettre en place un système de transit adapté. »

## CONTACT :

Unité de logistique internationale-Services et soutien aux expériences, Annecy-le-Vieux  
**Philippe Brion**  
 > brion@ulisse.in2p3.fr

Événement

# La Fête de la science a 20 ans !



01 Ceinture de bouées conçue avec de nouveaux matériaux pour les marins des bâtiments de guerre français (1938).



À LIRE

**Rêves de savants**  
Étonnantes inventions de l'entre-deux-guerres.  
Denis Guthleben, Armand Colin, 160 p. - 25 €. En librairie le 5 octobre. Présentation le 14 octobre au Centre d'art et de culture de Meudon.

Du 12 au 16 octobre, manifestations dans toute la France.

**Vingt ans déjà que la Fête de la science séduit le grand public.** Partenaire historique de l'événement, le CNRS est une nouvelle fois au rendez-vous de nombreuses manifestations organisées dans tout l'Hexagone. Parmi celles-ci, voici trois coups de cœur de la rédaction.

→ **Le 14 octobre**, à Meudon, l'historien Denis Guthleben nous convie à un savoureux voyage dans le temps lors d'une soirée prévue à l'occasion de la sortie de son livre *Rêves de savants*. Pendant les deux décennies de l'entre-deux-guerres, dans une atmosphère de dynamisme et d'ingéniosité, des savants se livrent à toutes sortes d'expériences, mettant au point des inventions destinées à transformer la vie des Français : voitures électriques, machines à laver le linge et la vaisselle, trottoirs roulants, premiers dispositifs de cinéma en trois dimensions ou de publicité lumineuse, etc. « *L'ouvrage est le fruit d'une enquête menée dans les archives de l'Office national des recherches scientifiques, industrielles et des inventions (ONRSI), l'un des ancêtres du CNRS, installé de 1919 à 1938 à Meudon, où dormaient des centaines de plaques de verre photographiques inédites* », précise son auteur.



02 Atelier « Planète Sciences » de l'édition 2010 de Scientilivre.

Des films d'époque, conservés par les Archives françaises du film, accompagneront la présentation du livre.

→ **Les 13 et 14 octobre**, les laboratoires de la Seine-Saint-Denis partent à la rencontre du public dans le cadre de la manifestation « Savante banlieue ». À Saint-Denis, Bobigny et Villetaneuse, quarante stands proposent des mini-conférences, des ateliers, des expositions et des expériences surprenantes comme « Le piège à particules de poussière ». Les grandes conférences auront pour thème « Sciences et société de l'image ».

→ **Du 13 au 16 octobre**, enfin, direction Toulouse où le Salon Scientilivre s'apprête à vous faire voyager au cœur de la matière. Au menu de cet événement qui rassemble plus de 7000 personnes : un Salon du livre et un village d'ateliers offrant des animations scientifiques et littéraires, des rencontres avec les auteurs, des spectacles, et plus encore!

F.L.

1. Fonds historique géré par CNRS Images.

EN LIGNE

> [www.cnrs.fr/fetedelascience](http://www.cnrs.fr/fetedelascience)  
> [www.fetedelascience.fr](http://www.fetedelascience.fr)

SAVANTE BANLIEUE

> <http://savantebanlieue.plainecommune.fr>

SCIENTILIVRE

> [www.deliresdencre.org](http://www.deliresdencre.org)



À voir sur le journal en ligne : une sélection de **photos** du livre *Rêves de savants* et un **film muet** de l'ONRSI.



## LIVRE |

**Marc Ferro. Mes histoires parallèles**

Entretiens avec Isabelle Veyrat-Masson, Carnets Nord, 378 p. – 20 €

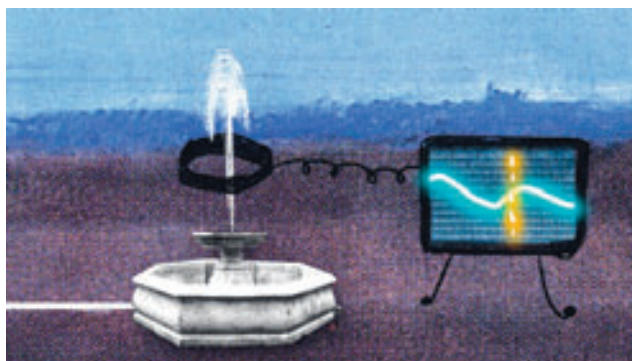
→ **Cet ouvrage dans lequel Marc Ferro répond aux questions d'Isabelle Veyrat-Masson**, historienne et sociologue des médias au CNRS, vient d'être récompensé par le prestigieux prix Saint-Simon. Le chercheur y livre ses histoires personnelles, entre anecdotes et rencontres, au regard de l'Histoire du xx<sup>e</sup> siècle : la Résistance, la décolonisation, Mai 1968... Il revient notamment sur sa rencontre déterminante avec Fernand Braudel, l'un des plus grands historiens du xx<sup>e</sup> siècle, avant d'évoquer *Histoire parallèle*, une série d'émissions culte qu'il a animée sur Arte.

## DVD |

**Coup de froid sur les atomes**

Réalisé par Marcel Dalaise, produit par CNRS Images avec la participation de l'Ifrat et de la Région Île-de-France, 25 min – 15 € (usage privé) – <http://videothèque.cnrs.fr>

→ **Deux films composent ce coffret consacré aux atomes froids et à l'horloge atomique. Les applications de ce domaine de la physique, telles les techniques de télécommunications et de positionnement GPS, sont de plus en plus nombreuses. *Froid devant*, avec Alain Aspect, médaille d'or du CNRS en 2005, entraîne le spectateur au cœur de la physique quantique tandis que dans *À l'heure des atomes froids*, le physicien Pierre Lemonde raconte comment les atomes froids ont révolutionné notre vision du temps.**



À voir sur le journal en ligne : les deux films du coffret.

## LIVRE |

**Arles-Rhône 3**

**Le naufrage d'un chaland antique dans le Rhône, enquête pluridisciplinaire**

David Djaoui, Sandra Greck et Sabrina Marlier (dir.), Actes Sud, 228 p. – 39 €

→ **« Finir la fouille de la barge Arles-Rhône 3, presque contemporaine du Christ, la découper sous l'eau par tronçons, la démembrer planche à planche, la restaurer puis assembler le puzzle géant de deux mille**

**pièces [...] le tout en moins de trois ans, est un défi dont on imagine mal la complexité** », écrit dans la préface de cet ouvrage l'archéologue Claude Sintès. Un défi que conte cette enquête riche et minutieuse, à l'iconographie soignée, véritable plongée dans l'archéologie fluviale antique.



## EN LIGNE |

**Chimie 2.0**

[www.cnrs.fr/chimie2\\_0/](http://www.cnrs.fr/chimie2_0/)

→ **Maîtriser l'énergie, respecter l'environnement, améliorer la santé, préserver le patrimoine : sous ces quatre grands thèmes, Chimie 2.0, site Internet tous publics du CNRS, rassemble l'actualité des recherches menées dans les laboratoires. Sa particularité : construire un dialogue entre chercheurs et non-scientifiques. Pour chaque article, un forum de discussion est proposé. L'accent est mis, par ailleurs, sur l'évolution de la chimie d'aujourd'hui, qui intègre désormais les principes de la chimie verte pour un développement durable. Également en ligne, l'exposition itinérante « Chimie 2.0 », visible du 4 au 30 octobre à l'Espace jeunes Clavim, à Issy-les-Moulineaux (92).**

## LIVRES |

**L'Affaire du sang contaminé (1983-2003)**

Sophie Chauveau, Les Belles Lettres, coll. « Médecine et sciences humaines », 272 p. – 25 € Dans cette étude historique et sociologique approfondie du scandale du sang contaminé, l'auteure met au jour les dysfonctionnements et les multiples dimensions de cette crise sanitaire publique et politique sans précédent.

**Mieux consommer grâce aux mathématiques**

Evelyne Adam, Gilles Damamme et Hélène Ventelon, Hermann, 176 p. – 19,50 €

Ce livre d'exercices, loin d'être élémentaires, fournit des recettes mathématiques pour consommer de manière plus intelligente au quotidien : économies d'énergie, assurance auto, vacances, recettes de cuisine, etc.

**Qui a vraiment découvert l'Amérique?**

Thierry Wirth, Éditions Trajectoire, 190 p. – 19 € Documents et découvertes archéologiques à l'appui, cet ouvrage narre la passionnante saga des véritables découvreurs de l'Amérique, des Phéniciens aux Celtes en passant par les Romains et les Chinois, et ce bien avant « *l'imposture magnifiée* » de Christophe Colomb, selon les mots de l'auteur.

**Les Murs invisibles**

Guy Di Méo, Armand Colin, coll. « Recherches », 344 p. – 25 € Sous la forme d'une enquête réalisée à Bordeaux auprès de soixante femmes, un géographe livre une analyse assez dense des questions du genre, s'interrogeant sur le rapport spatial des femmes à la ville et leur place dans celle-ci.

**La Sociologie américaine.**

**Controverses et innovations** Nicolas Herpin et Nicolas Jonas, La Découverte, coll. « Grands repères/Guides », 286 p. – 19 € Ce portrait de la sociologie américaine et de ses différents courants, comme l'école de Chicago, donne des clés pour comprendre sur quelles bases la société américaine s'est construite.



→ À Nantes, la scénographie originale encadre les œuvres présentées sur 1600 m<sup>2</sup>.

© N. GAUTRON

#### EXPOSITIONS |

La radioactivité est à l'affiche de deux manifestations soutenues par le CNRS.

## La Robe et le Nuage

Jusqu'au 15 octobre, Hangar à bananes, Nantes (44). Entrée libre –

Tél. : 08 92 46 40 44 – [www.in2p3.fr](http://www.in2p3.fr)

→ **Poésie et connaissance se conjuguent dans cette exposition** pour conter l'histoire des rayons X, de la radioactivité et de la radioprotection. À partir d'une scénographie originale et inventive, centrée sur dix œuvres magistrales réalisées par la plasticienne Piet.sO et l'inclassable Peter Keene, sont retracés les grands moments de cette aventure scientifique. Elle est à la fois fantastique, dramatique, mais également positive grâce à l'essor de la médecine nucléaire et à ses applications innovantes.

## Sur les traces des Becquerel

Jusqu'au 30 novembre, Pornichet (44).

Entrée libre – Tél. : 02 40 11 55 55 – [www.in2p3.fr](http://www.in2p3.fr)

→ **Cette manifestation relate une étape importante de l'histoire des sciences** : la découverte de la radioactivité et du phénomène de phosphorescence par le physicien français Henri Becquerel. Conçue dans un but pédagogique, elle s'adresse aussi bien aux professeurs qu'aux scolaires et au grand public. Expériences, films et conférences complètent le programme.

#### MANIFESTATIONS |

#### Expositions itinérantes

[www.cnrs.fr/cnrs-images/expo-itinerantes.htm](http://www.cnrs.fr/cnrs-images/expo-itinerantes.htm)

→ **CNRS Images propose une quinzaine d'expositions thématiques itinérantes pouvant servir de support à des animations de culture scientifique. Chacune s'accompagne d'extraits de films en lien avec les thèmes évoqués : biodiversité, astronomie, déserts, physique, nanomonde ou encore recherches aux pôles et dans les mers. En 2011, deux nouvelles expositions sont disponibles en prêt : la première, intitulée « Forêt amazonienne : pourquoi tant de biodiversité? », et labellisée Année internationale des forêts, présente un panorama des recherches menées en Amazonie à travers vingt grandes photographies légendées. La seconde, « Un monde numérique », dresse un éventail des applications de l'informatique dans tous les domaines de la recherche scientifique.**



→ Des thèmes très variés sont abordés par cette quinzaine d'expositions.



Avoir sur le journal en ligne : les photos de l'exposition « Un monde numérique ».

#### CONFÉRENCES |

## Dialogues - Des clés pour comprendre

De septembre 2011 à juin 2012, musée des Arts et métiers, Paris (75). Entrée libre – Inscription : 01 53 01 82 70 ou [conferences@arts-et-metiers.net](mailto:conferences@arts-et-metiers.net) – [www.arts-et-metiers.net](http://www.arts-et-metiers.net)

→ **Sondages, chimie de l'amour, addictions, mais aussi antimatière disparue, nanomatériaux ou encore exploration des fonds marins... Voilà quelques-uns des thèmes de la troisième saison de ce cycle de conférences. Conçu dans un esprit d'échange, chacun pouvant intervenir, ce rendez-vous mensuel s'adresse à ceux qui souhaitent se tenir informés de l'actualité des sciences et des techniques.**



#### LIVRE |

### La Seconde Vie des bébés morts

Dominique Memmi, Éditions EHESS, coll. « Cas de figure », 206 p. – 15 €

→ **À travers cette vaste étude, Dominique Memmi retrace l'histoire, en France, de la mutation des pratiques hospitalières qui entourent la mort du fœtus et du nourrisson. À partir des années 1980, et en moins d'une décennie, du "passer à autre chose" les parents apprennent "à faire leur deuil" et sont invités à regarder leur enfant mort. Après un inventaire des différents facteurs inhérents à cette mutation, l'auteure aborde avec une grande sensibilité « le caractère insoutenable de la douleur des mères face à un projet d'enfant non abouti ». Ce sujet fort et émouvant offre aussi l'occasion d'aborder, de manière plus générale, la question du déni de mort dans notre société et de notre rapport à celle-ci.**



FILM |

# Oxygène

Réalisé par Hans Van Nuffel, 98 min, en salle le 28 septembre. Ce film a été couronné lors du festival Cinémascience 2010 par le prix d'interprétation masculine, le prix du public et le Coup de cœur de l'Inserm.

→ **Tom, 19 ans, a la mucoviscidose, une maladie génétique mortelle qui détruit ses poumons comme ceux de son frère.** Révolté, il fréquente une bande de petites frappes et abuse de la cigarette. Qu'attendre de la vie en dehors d'une hypothétique transplantation? Une double rencontre à l'hôpital va changer la donne... « *Le film est très juste et assez optimiste, même s'il est dur* », commente Pascale Fanen, enseignante-chercheuse à l'Institut Mondor de recherche biomédicale, rappelant que la maladie frappe environ 6000 personnes en France et que l'espérance de vie des enfants qui naissent aujourd'hui avec est de 46 ans. « *Les différents personnages incarnent bien trois attitudes fréquentes, note Pascale Fanen : le déni (le héros, Tom), l'espoir (le frère, que Tom veut fuir) et la lutte active (Xavier et Anneleen), notamment grâce au sport.* » On pourra s'étonner que l'histoire porte sur une fratrie : au premier fils atteint, les parents ont dû savoir qu'ils étaient porteurs de la maladie, car les deux doivent l'être pour que l'enfant soit malade. « *Il existe un dépistage prénatal depuis une vingtaine d'années, ajoute la chercheuse. Mais cela reste un choix épineux pour les familles...* »

Rappelons que la mucoviscidose est due à des mutations du gène qui code la protéine CFTR de la membrane des cellules. Le mucus produit par l'organisme devient alors trop visqueux et s'accumule dans les voies respiratoires et digestives. « *Pour vaincre la mucoviscidose, il y a actuellement deux stratégies de recherche, poursuit Pascale Fanen : corriger le gène défectueux par thérapie génique, une*



*voie peu concluante pour l'instant, ou bien corriger la protéine codée par le fameux gène, et ce à l'aide de médicaments. En France, plusieurs équipes sont en pointe pour aboutir en suivant cette seconde stratégie.* » Surtout, dans le film, il y a Anneleen qui, elle, va bien. « *Ces patients, dont le phénotype – ensemble de caractères observables – s'exprime différemment des autres, bien qu'ils aient eux aussi le gène muté, offrent les pistes les plus prometteuses dans la mise au point d'un traitement,* précise Pascale Fanen. *Pour un chercheur, Anneleen est donc le personnage le plus fascinant.* » Un film poignant qui évite tout misérabilisme. Jamais la fureur de vivre n'aura montré tant d'urgence à l'écran. **C. Z.**

EN LIGNE

> [www.vaincrelamuco.org](http://www.vaincrelamuco.org)

CONTACT :  
UFR de médecine de l'Upec, Créteil  
**Pascale Fanen**  
> [pascale.fanen@inserm.fr](mailto:pascale.fanen@inserm.fr)



→ Dans *Oxygène*, tous les héros atteints de mucoviscidose (Tom, Xavier, Anneleen, Lucas), sont incarnés par des acteurs d'une grande justesse dans un film d'une rare sensibilité.

LIVRES |

## Comment (et pourquoi) vieillissons-nous?

Marc Billaud et Florence Solari, Éditions Le Pommier, coll. « Les petites pommes du savoir », 64 p. – 4,90 €  
Écrites par un cancérologue et une spécialiste du vieillissement, les questions-réponses de ce petit livre clair et captivant exposent les mécanismes impliqués dans la longévité ainsi que les pistes de recherche actuellement en cours dans le domaine de la gérontologie expérimentale.

## Les Essentiels d'Hermès

- > **L'Économie solidaire**
- > **La Neutralité de l'Internet**
- > **Sciences et médias**

Dominique Wolton (dir.), CNRS Éditions, 80 p. – 8 € le volume  
*Les Essentiels d'Hermès*, sélections d'articles de la revue *Hermès*, font leur rentrée avec trois nouveaux ouvrages. Le premier, dirigé par Valérie Schafer et Hervé Le Crosnier, expose les enjeux économiques, sociaux, culturels et politiques de la neutralité de l'Internet, ce réseau dans les réseaux. Le second, coordonné par Jean-Louis Laville, analyse l'économie solidaire créée à partir d'engagements citoyens comme le commerce équitable pour comprendre la complexité politique, économique et symbolique de cette mutation sociale. Le troisième, enfin, coordonné par Sébastien Rouquette, décrypte les évolutions de la médiatisation de la science, en se penchant notamment sur les pratiques des journalistes scientifiques.

## La Montagne sacrée du Bego

Henry de Lumley et Annie Echassoux, CNRS Éditions, 364 p. – 60 €  
Les premiers peuples métallurgistes des Alpes méridionales ont gravé sur les roches du mont Bego plus de cent mille signes. À partir de ces inscriptions, deux archéologues déchiffrent les préoccupations économiques, les mythes, croyances et traditions de ces hommes de l'âge du cuivre et du bronze.

## FILM |

## Sa majesté le poil !

Diffusion le 16 octobre, à 22h10, sur Arte. Réalisé par Claude-Julie Parisot, produit par Kami Productions, CNRS Images et Arte France, 54 min – <http://videotheque.cnrs.fr>

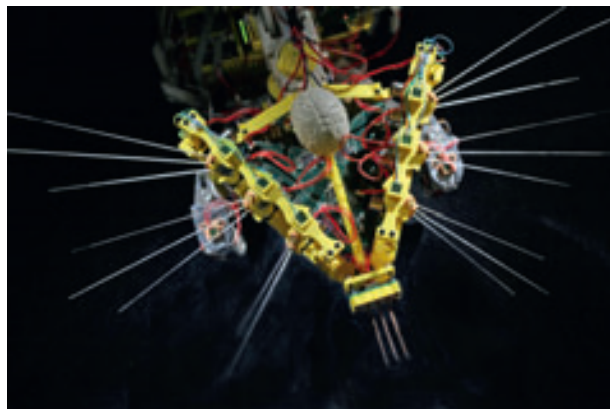
### → D'où viennent les poils qui couvrent la plupart des êtres vivants et à quoi servent-ils ?

C'est à cette question que répondent dans ce film des scientifiques de différentes disciplines. Ils y expliquent comment les premiers organismes vivants unicellulaires ont commencé à se déplacer grâce à l'apparition des cils et des flagelles, et à former ainsi des êtres multicellulaires. Depuis, le rôle prépondérant des poils dans l'évolution du règne animal et végétal n'a cessé d'être démontré. Ils permettent, entre autres,

de capter les perturbations de l'air ambiant, de réguler la température des corps ou encore d'amplifier les sons faibles situés dans l'oreille. Bref, les poils accompagnent les hommes tout au long de leur vie et, sans eux, la survie de l'ensemble des êtres vivants serait impossible.

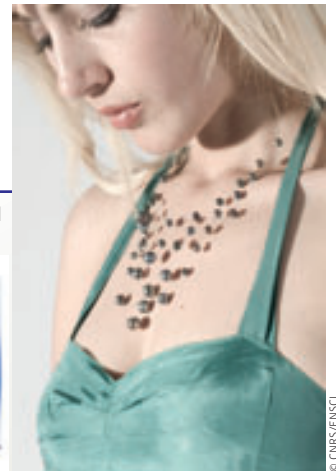


▶ Voir sur le journal en ligne : un extrait du film *Sa majesté le poil !*



→ Chez les animaux, les poils revêtent des rôles importants. Les chercheurs conçoivent des robots pour analyser leurs pouvoirs de détection.

→ Cet étonnant collier flottant exploite les propriétés de la supraconduction.



## MANIFESTATIONS |



## SupraDesign

Jusqu'au 15 octobre à l'Espace Pierre-Gilles-de-Gennes, puis jusqu'au 19 novembre à la Cité des sciences et de l'industrie, Paris (75) – [www.supradesign.fr](http://www.supradesign.fr)

→ Un sac de randonnée sans contact avec le dos, des bijoux flottants, une sculpture lumineuse suspendue sans attaches... Voilà quelques-unes des réalisations présentées par des étudiants en design dans cette exposition. En collaboration avec des physiciens, ceux-ci ont imaginé d'éventuels usages aux supraconducteurs et à leurs propriétés de lévitation. Vidéos, photos et démonstrations permettent au public d'entrer dans un monde ludique et futuriste. Cet événement est organisé en partenariat avec le CNRS, Universcience et la mairie de Paris.

## Matière en folie !

Le 8 octobre, Cité des sciences et de l'industrie, Paris (75) – [www.universciences.fr](http://www.universciences.fr)

→ La supraconductivité sera également à l'honneur lors de la journée « Matière en folie ! » Conférences, démonstrations, expériences et projections sont au menu de cette manifestation.

# cnrs

le journal

Rédaction : 1, place Aristide-Briand – 92195 Meudon Cedex  
Téléphone : 01 45 07 53 75 Télécopie : 01 45 07 58 15 Mél : [journal-du-cnrs@cnrs-dir.fr](mailto:journal-du-cnrs@cnrs-dir.fr)  
Le journal en ligne : [www2.cnrs.fr/journal/](http://www2.cnrs.fr/journal/)  
CNRS (siège) : 3, rue Michel-Ange – 75794 Paris Cedex 16

Directeur de la publication : Alain Fuchs Directrice de la rédaction : Brigitte Perucca  
Directeur adjoint de la rédaction : Fabrice Impériali

Rédacteur en chef adjoint : Matthieu Ravaud Chefs de rubrique : Fabrice Demarthon, Frédérique Laubenheimer, Charline Zeitoun  
Assistante de la rédaction et fabrication : Laurence Winter Ont participé à ce numéro : Alexia Attali, Stéphanie Arc, Kheira Bettayeb, Laure Cailloce, Christian Debraisne, Denis Delbecq, Sebastián Escalón, Laurianne Geoffroy, Mathieu Grousson, Gaëlle Lahoreau, Patrick Philipon, Vahé Ter Minassian, Philippe Testard-Vaillant

Secrétaire de rédaction : Isabelle Grandrieux Conception graphique : Céline Hein Iconographies : Christelle Pineau, Cecilia Vignuzzi  
Couverture : C. Latta/GettyImages; S. Kiehl pour CNRS Le journal Photogravure : Scoop Communication Impression : Groupe CirclePrinters – 6, route de la Ferté-sous-Jouarre – 77440 Mary-sur-Marne ISSN 0994-7647 AIP 0001309 Dépôt légal : à parution

Photos CNRS disponibles à : [phototheque@cnrs-bellevue.fr](mailto:phototheque@cnrs-bellevue.fr); <http://phototheque.cnrs.fr/>  
La reproduction intégrale ou partielle des textes et des illustrations doit faire obligatoirement l'objet d'une demande auprès de la rédaction.



## « Attention aux yeux! Équipé d'une paire de lunettes bloquant les rayons ultraviolets,

j'installe un échantillon d'une matrice cristalline contenant un produit appelé alpha-pyrone sous l'œil d'un diffractomètre à rayons X. Cet appareil permet de remonter à la structure de l'échantillon : une sorte de photo en 3D à l'échelle de l'angström ( $10^{-10}$  m). Sous l'action des UV, l'alpha-pyrone se transforme en cyclobutadiène, une molécule très réactive, dont la structure cristalline reste difficilement observable. Le montage sert à refroidir l'échantillon et à le faire tourner tout en l'irradiant, avant que des clichés soient accumulés pendant plusieurs heures grâce au diffractomètre. L'exercice est d'autant plus périlleux que le cyclobutadiène est hautement instable et qu'il est piégé par la matrice solide qui l'entoure, tel un tigre dans une cage trop étroite. Ces travaux fondamentaux constituent des modèles pour l'étude des membranes poreuses contenant des réactifs, utilisés aussi bien dans l'agroalimentaire et les biotechnologies que la microélectronique. »

YVES-MARIE LEGRAND, INGÉNIEUR DE RECHERCHE  
À L'INSTITUT EUROPÉEN DES MEMBRANES  
(UNITÉ CNRS/ENSCM/UNIVERSITÉ MONTPELLIER-II).



Entrée libre  
→ [www.cnrs.fr/entree-matiere](http://www.cnrs.fr/entree-matiere)

# ENTRÉE EN MATIÈRE

Jardins du Trocadéro, du 19 au 30 octobre 2011

Exposition, conférences, animations  
Une invitation à explorer la matière



Année internationale  
**CHIMIE**  
2011

cnrs

[www.cnrs.fr](http://www.cnrs.fr)



BASF  
The Chemical Company

THALES



MAIRIE DE PARIS

sycatom  
Agence nationale  
des déchets  
minéraux

casden



Le Point

SCIENCE

Direct Matin

UIC